

**SPORTARTSPEZIFISCHE KARDIORESPIRATORISCHE UND
METABOLISCHE LEISTUNGSDIAGNOSTIK
SOWIE GESCHLECHTSSPEZIFISCHE BESONDERHEITEN IN DER
SPEZIFISCHEN LEISTUNGSFÄHIGKEIT IM TRIATHLON**

**Inauguraldissertation
Zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
des Fachbereichs Humanmedizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen**

**vorgelegt von Claudia Henne
aus Sangerhausen**

Gießen 2001

**Aus der Professur für Sportmedizin
Institut für Sportwissenschaft; Medizinisches Zentrum für Innere Medizin
Leiter: Univ. Prof. Dr. med. Paul E. Nowacki
der Justus-Liebig-Universität Gießen**

Gutachter: Prof. Dr. P. E. Nowacki

Gutachter: PD Dr. Hölschermann

Tag der Disputation: 31.10.2002

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
1	EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG	1
2	METHODIK	6
2.1	Untersuchungsgut	6
2.2	Untersuchungsbedingungen	7
2.3	Fahrradspiroergometrie	7
2.4	Feldstufentest - Lauf	10
2.5	Triathlonspezifischer Wettkampfsimulationstest	13
2.6	Apparative Bestimmungsmethodik	16
2.7	Statistik	19
2.8	Kritik der Methodik	21
3	ERGEBNISSE	25
3.1	Fahrradspiroergometrie	25
3.1.1	Herzfrequenz	26
3.1.2	Blutdruck	27
3.1.3	Atemminutenvolumen	28
3.1.4	Prozentuale Sauerstoffausnutzung	29
3.1.5	Absolute Sauerstoffaufnahme	30
3.1.6	Relative Sauerstoffaufnahme	31
3.1.7	Sauerstoffpuls	31
3.1.8	Prozentuale Kohlendioxidausscheidung	32
3.1.9	Absolute Kohlendioxidausscheidung	33
3.1.10	Respiratorischer Quotient	34

3.1.11	Atemäquivalent	35
3.1.12	Laktat	36
3.2	Triatlonspezifischer Wettkampfsimulationstest	38
3.2.1	Herzfrequenz	38
3.2.2	Blutdruck	40
3.2.3	Atemminutenvolumen	41
3.2.4	Prozentuale Sauerstoffausnutzung	43
3.2.5	Absolute Sauerstoffaufnahme	44
3.2.6	Relative Sauerstoffaufnahme	45
3.2.7	Sauerstoffpuls	46
3.2.8	Prozentuale Kohlendioxidausscheidung	47
3.2.9	Absolute Kohlendioxidausscheidung	48
3.2.10	Respiratorischer Quotient	50
3.2.11	Atemäquivalent	51
3.2.12	Laktat	53
3.2.13	Zeit und Geschwindigkeit - Schwimmen	54
3.2.14	Zeit, Geschwindigkeit, Trittfrequenz - Radfahren	55
3.2.15	Zeit - Laufen	56
3.2.16	Gewichtsveränderung	57
3.3	Feldstufentest - Lauf	58
4	DISKUSSION	63
4.1	Einschätzung der Leistungsfähigkeit der untersuchten Sportlerinnen	63
4.1.1	Körperliche Leistungsfähigkeit	63
4.1.2	Kardiozirkulatorische Leistungsfähigkeit	65
4.1.2.1	Maximale Herzfrequenz	65
4.1.2.2	Herzfrequenz nach 5 Minuten Erholung (E5)	67
4.1.2.3	Maximale Sauerstoffaufnahme	70

4.2	Vergleichende Betrachtung der Ergebnisse der Fahrradspiroergometrie und des Triathlonlabortests mit dem Schwerpunkt geschlechtsspezifischer Besonderheiten	75
4.2.1	Fahrradspiroergometrie	75
4.2.1.1	Herzfrequenz	75
4.2.1.2	Relative Sauerstoffaufnahme	77
4.2.2	Triathlonlabortest	78
4.2.2.1	Einzelzeiten	78
	<ul style="list-style-type: none"> - Schwimmen - Radfahren - Laufen 	
4.2.2.2	Herzfrequenz	79
	<ul style="list-style-type: none"> - Schwimmen - Radfahren - Laufen 	
4.2.2.3	Relative Sauerstoffaufnahme	82
	<ul style="list-style-type: none"> - Schwimmen - Radfahren - Laufen 	
4.2.2.4	Laktat	84
	<ul style="list-style-type: none"> - Schwimmen - Radfahren - Laufen 	
4.2.2.5	Statistischer Vergleich der ermittelten Mittelwerte während der erschöpfenden Fahrradspiroergometrie sowie des Triathlon-Wettkampftestes bei männlichen und weiblichen Triathleten für verschiedene Parameter	89
4.3	Stellenwert des Feldstufentest – Lauf im Vergleich zu den anderen Testverfahren	91

5	ZUSAMMENFASSUNG	93
6	LITERATURVERZEICHNIS	96
7	ANHANG	111
	- Tabellen	111
	- Danksagung	148
	- Lebenslauf	149

1 EINLEITUNG UND FRAGESTELLUNG

Triathlon ist eine moderne Ausdauersportart, die sich aus den 3 Teildisziplinen **Schwimmen, Radfahren und Laufen** zusammensetzt. Diese Disziplinen werden in der soeben genannten Reihenfolge absolviert. Dadurch minimiert man die Gefahr von Unfällen während eines Wettkampfes, wie ermüdungsbedingte Stürze vom Rad bzw. das Ertrinken während des Schwimmens im offenen Gewässer.

Die **erste Veranstaltung** dieser Art hatte **1974** in San Diego stattgefunden.

Letztendlich war es aber ein heute als „**Ironman**“ bekannter Wettbewerb, der diese Sportart in den Blickpunkt der Weltöffentlichkeit rückte.

Dieser wurde **1978 auf Hawaii** erstmals ausgetragen. Damals starteten 15 Männer zu diesem mittlerweile weltweit etablierten Ausdauerwettbewerb, der aus der Aneinanderreihung dreier bis dahin als Einzelwettbewerbe bestehenden Ausdauerleistungen entstand: dem **Waikiki - Rough Water Swim über 2,4 Meilen (3,8km)**, dem **Around - Oahu Radrennen über 112 Meilen (180km)** und dem **Honolulu-Marathon (42,195km)**, FISCHER 1986.

12 Männer erreichten das Ziel, der Sieger gewann in einer Zeit von 11:46:58 Stunden.

Diese Streckenlängen wurden bis heute beibehalten. Mittlerweile werden weltweit Triathlons über die auch als Langdistanz bezeichnete Wettkampfform angeboten. Die Bestzeiten liegen dabei derzeit bei unter 8 Stunden.

Seit **1979** nehmen auch **Frauen** am „Ironman“ auf Hawaii teil.

In den dem vergangenen Jahren haben sich weitere Streckenlängen etabliert, wobei durch die Sportordnung der Deutschen Triathlon Union (DTU) von 1986 die Verhältnisse der Einzeldisziplinen untereinander vorgegeben sind. Danach hat die Zusammensetzung der Teildisziplinen immer in den **Verhältnissen 1 : 25-50 : 7-11** zu erfolgen.

So unterscheidet man heute bei Triathlon - Wettkämpfen die in **Tab.1** angegebenen Streckenlängen (STICHERT 1991).

Der **Kurztriathlon** gilt als Norm und wurde auch in dieser Form ins **olympische Programm** aufgenommen, wobei **erstmalig bei den Olympischen Spielen 2000 in Sydney** Wettbewerbe im Triathlon ausgetragen wurden.

Tab.1: Verschiedene **Streckenlängen** im **Triathlon** mit Angabe der **Länge** der **Einzeldisziplinen** nach STICHERT 1991

Streckenlänge	Schwimmen	Rad	Lauf
Jedermann-Triathlon	0,5km	20km	5km
Sprint-Triathlon	0,7km	20km	5km
Kurz-Triathlon	1,5km	40km	10km
Mittel-Triathlon	2,5km	80km	20km
Lang-Triathlon	3,8km	180km	42,195km

Damit verbunden ist eine verstärkte Motivation der AthletenInnen, eine internationale Spitzenposition einzunehmen. Um dieses Ziel zu erreichen, ist eine wissenschaftlich begründete sportartspezifische Leistungsdiagnostik sowie die daraus resultierende Trainingsmethodik und Trainingssteuerung notwendige Voraussetzung.

Das Streben nach wirkungsvolleren Methoden der Trainingssteuerung, vor allem auch unter Einhaltung der notwendigen Regenerationsphasen, hat dazu geführt, daß die meisten Ausdauersportarten eine komplexe Leistungsdiagnostik aufgebaut haben, in deren Mittelpunkt der **Wettkampftest** als zentrale Bezugsgröße für eine Leistungsentwicklung steht (PFÜTZNER, NEUMANN 1991).

Eine Leistungsdiagnostik in diesem Umfang wird derzeit schwerpunktmäßig im Hochleistungssport an einzelnen etablierten Sportmedizinischen Instituten durchgeführt. Allerdings besteht im Triathlon - wie in kaum einer anderen Sportart - schon im **Breitensportbereich** eine **hohe Motivation für leistungsdiagnostische Untersuchungen** und daraus abgeleitete Trainingsempfehlungen.

Das erscheint in einer Sportart mit einem im Verhältnis zu anderen Ausdauersportarten wesentlich höherem Trainingsaufwand auch sinnvoll, da Trainingsfehler sich hier stärker auswirken, und ein Übertrainingszustand beim Training in falschen (zu hohen) Intensitätsbereichen, zu großen oder kleinen Umfängen sowie zu kurzen oder langen Regenerationszeiten vorprogrammiert ist.

Daraus resultierend ergibt sich der Bedarf einer einfach durchzuführenden Leistungsdiagnostik, die trotz ihrer Einfachheit sportartspezifische Aussagen ermöglicht.

Darauf hat RÜB in seiner Dissertation: „Sportartspezifische kardiorespiratorische und metabolische Leistungsdiagnostik im Triathlon“ am Lehrstuhl für Sportmedizin der Justus-Liebig-Universität Gießen schon 1991 hingewiesen.

Ziel vorliegender Untersuchung war es deshalb, die Wertigkeit von Einzeltests durch **Fahrradspiroergometrie** sowie **Feldstufentest** im Laufen im Verhältnis zum wesentlich aufwendigerem **Wettkampftest** festzustellen.

Wegen seiner relativ kurzen Vergangenheit wurde bisher über die sportmedizinischen, trainingswissenschaftlichen und ernährungsspezifischen Aspekte der Sportart Triathlon wenig publiziert. Seine Einzeldisziplinen hingegen sind dagegen schon seit langem Gegenstand der sportmedizinischen und sportwissenschaftlichen Forschung.

Aus den vorhandenen Untersuchungen (O'TOOLE et al. 1989, RÜB 1991, FRIZZERA et al. 1991, PFÜTZNER 1991, ZAPF u. Mitarb. 1991, BISCHOFF 1991, FRIEDMANN u. Mitarb. 1993, LAURENSEN et al. 1993, TEGTBUR u. Mitarb. 1993, DE VITO et al. 1995, NEUMANN 1995, 1996) geht hervor, daß für den Erfolg im Triathlon nicht ein gemeinsamer leistungsbestimmender Faktor maßgebend ist, sondern daß sich die Gesamtleistung aus der Addition von Einzelleistungen ergibt.

Deshalb muß das Ziel des Trainingsprozesses darin bestehen, in den Einzeldisziplinen Spitzenleistungen zu erreichen.

Dennoch ist es so, daß die **Aneinanderreihung von Einzeldisziplinen** ohne dazwischenliegende Pausen zu einer **Ermüdungsakkumulation** im Verlauf des Wettkampfes führt. Selbst ein Wettbewerb über die Kurzdistanz dauert sowohl bei der **Gesamtwettkampfzeit mit über 2 Stunden** als auch in den **Einzeldisziplinen mit 20-75min Wettkampfdauer** so lang, daß er nicht mit der maximalen aeroben Kapazität (VO_{2max}) durchgehalten werden kann (BISCHOFF 1991).

Daher wird derjenige Sportler erfolgreich sein, der in der Lage ist, über einen definierten Zeitraum den höchsten Prozentsatz seiner **maximalen Sauerstoffaufnahme**, die nach NOWACKI 1975 als **integraler Wert** der **aeroben und anaeroben Kapazität** betrachtet werden muß, im aeroben Bereich durchzuhalten (SCHÜRCH 1987).

Als einer der weltbesten Kenner der Ausdauersportarten gilt der Leipziger Sportmediziner G. NEUMANN 1984, 1995, 1996, der die Beanspruchung der Funktionssysteme Atmung und Kreislauf sowie den aerob-anaeroben Stoffwechsel für die einzelnen Wettkampfzeiten von der Kurzzeitausdauer (KZA 35s-2min) bis zur Langzeitausdauer IV (>360min) untersucht hat.

Seine Angaben (siehe Tabelle 2) ermöglichen auch eine Einordnung der verschiedenen Triathlonwettbewerbe in die zugehörigen Ausdauerklassen.

Tab.2: Beanspruchung von Funktionssystemen und des Stoffwechsels bei unterschiedlichen Ausdauerwettkampfleistungen nach G. NEUMANN 1984

Funktions- system	Meßgröße	KZA 35s- 2min	MZA 2-10 min	LZA I 10-35 min	LZA II 35-90 min	LZA III 90-360 min	LZA IV >360 min
Herz- Kreislauf	Hf Schläge/ min	185-200	190-210	180-190	175-190	150-180	120-170
O ₂ - Aufnahme	% VO _{2 max}	100	95-100	90-95	80-95	60-90	50-60
Energie- wandlung	% Anteil aerob anaerob	20 80	60 40	70 30	80 20	95 5	99 (1)
Glykogen- abbau	% Muskel- glykogen	10	30	40	60	80	95
Lipolyse	FFS (mmol/l)	0,5	0,5	0,8	1,0	2,0	2,5
Glykolyse	Laktat (mmol/l)	18	20	14	8	4	2
Energie- verbrauch	kJ/min kJ _{gesamt}	250 380-460	190 545-1680	120 1680-3150	105 3150-9660	80 9660-27000	75 >27000

Demnach ist ein Triathlon-Wettbewerb über die **Kurzdistanz** schon dem Bereich der **Langzeitausdauer III** zuzuordnen. Alle **längeren Distanzen** gehören dem **Langzeitausdauerbereich IV** an.

Ein **Sprinttriathlon**, wie in der vorliegender experimentellen Untersuchung im Wettkampftest simuliert, entspricht somit dem **Langzeitausdauerbereich II**.

Ein weiteres Anliegen der vorliegenden Arbeit war es, **geschlechtsspezifische Besonderheiten** herauszuarbeiten, da im Triathlon Männer und Frauen gleiche Streckenlängen zu bewältigen haben. Nach MEDAU, NOWACKI 1984, 1992 liegen aber

keine gleichen Voraussetzungen für Ausdauerwettbewerbe mit dieser Wettkampfdauer für Frauen vor.

In der vorliegenden sportmedizinisch-leistungsphysiologischen Dissertation über **„Sportartspezifische kardiorespiratorische und metabolische Leistungsdiagnostik sowie geschlechtsspezifische Besonderheiten in der spezifischen Leistungsfähigkeit im Triathlon“**, sollen deshalb folgende Fragen geklärt werden:

- Welche leistungsphysiologischen Besonderheiten ergeben sich aus der speziellen Belastungskombination im Triathlon?
- Welche Folgerungen ergeben sich aus den vorliegenden Ergebnissen für die Leistungsdiagnostik im Breitensportbereich?
- Wie ist der Triathlonwettkampftest im Vergleich zur Einzeltests hinsichtlich der Aussagefähigkeit für die aktuelle Leistungsfähigkeit zu beurteilen?
- Welche geschlechtsspezifischen Unterschiede ergeben sich und welche Wertigkeit besitzen diese für die Gesamtleistung innerhalb eines Triathlonwettkampfes über die olympische Distanz?

2 METHODIK

2.1 UNTERSUCHUNGSGUT

Es wurden insgesamt 11 Triathletinnen der regionalen Spitzenklasse Mittelhessens am Lehrstuhl für Sportmedizin der Justus-Liebig-Universität Gießen untersucht (Ärztlicher Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. Paul E. Nowacki).

Davon absolvierten 8 Sportlerinnen zwischen dem 11.01. und 04.03.1996 den Wettkampfsimulationstest.

Das Alter der Sportlerinnen lag zwischen 21 und 31 Jahren ($25 \pm 3,2$). Das Körpergewicht variierte zwischen 46,7 und 70,3 kg ($58,3 \pm 7$). Die Körpergröße betrug 163 bis 180 cm (167 ± 7). Die Vitalkapazität lag zwischen 2,4 und 4,6 l ($3,8 \pm 0,6$), die relative Sekundenkapazität zwischen 81 und 95 % ($88,6 \pm 4,3$).

In der Tab. 3 werden die anthropometrischen Daten der Triathletinnen mit den durch RÜB 1991 ebenfalls an der Professur für Sportmedizin der JLU Gießen untersuchten Triathleten verglichen.

Tab.3: **Anthropometrische Daten** – Triathletinnen (der eigenen Untersuchung) vs. Triathleten (RÜB 1991)

Geschlecht	Anzahl n	Alter (Jahre)	Größe (cm)	Gewicht (kg)	Vitalkapazität (l)	Relative Sekunden- kapazität (%)
weiblich	11	$25 \pm 3,2$	167 ± 7	$58,3 \pm 7$	$3,8 \pm 0,6$	$88,6 \pm 4,3$
männlich	17	$30 \pm 6,8$	184 ± 7	$76,1 \pm 6,7$	$5,9 \pm 0,7$	$82,5 \pm 6,3$

2.2 UNTERSUCHUNGSBEDINGUNGEN

Als Basismethode zur Diagnostik der körperlichen, kardiozirkulatorischen, kardiorespiratorischen und metabolischen Leistungsfähigkeit der Triathletinnen führten wir die **Fahrradspiroergometrie im Sitzen** nach dem 1 Watt/kg KG – Verfahren nach NOWACKI 1977 bei 8 Probandinnen zwischen dem 26.06. und 18.07.1995, bei 3 weiteren Probandinnen verletzungsbedingt zwischen dem 22.01. und 28.02.1996 durch.

Die mittleren Werte für den Luftdruck lagen bei $750 \pm 3,6$ mmHg, für die Luftfeuchtigkeit bei 67 ± 9 %, und für die Lufttemperatur betrugen sie $23,5 \pm 1,4$ °C.

Der **Feldstufentest - Lauf** fand am 18.10., 19.10. bzw. 15.11.1995 zu vergleichbaren Bedingungen hinsichtlich der Lufttemperatur statt. Die Windstärke lag bei 0,5 m/s.

Zwischen dem 11.01. und 04.03.1996 führten wir bei 8 Triathletinnen den **triathlonspezifischen Wettkampfsimulationstest** durch.

Alle Untersuchungen - Schwimmen \Rightarrow Radfahren (Rennrad) \Rightarrow Laufen (Laufband) - fanden vormittags zwischen 8.00 und 14.00 Uhr statt.

Der Luftdruck lag bei $746 \pm 7,7$ mmHg, die Luftfeuchtigkeit bei 53 ± 2 %, die Lufttemperatur bei $21 \pm 1,5$ °C und die Wassertemperatur bei 28°C.

Die übrigen 3 Sportlerinnen konnten leider aufgrund technischer Probleme nicht untersucht werden.

2.3 FAHRRADSPIROERGOMETRIE

Zur Einschätzung der maximalen Leistungsfähigkeit der Sportlerinnen wurde als Eingangsuntersuchung eine **Fahrradspiroergometrie im Sitzen** auf einem drehzahlunabhängigen Fahrradergometer "Ergotest" der Fa. Jaeger/Würzburg durchgeführt. Für die Registrierung der kardiopulmonalen Funktionsparameter wurde der komplette Meßplatz zur kardiorespiratorischen Funktionsdiagnostik der gleichen Firma eingesetzt (Abb.2).

Dabei wurde das **Belastungsverfahren nach NOWACKI** 1977, 1978, 1983 angewandt, bei dem die Belastung alle 2 Minuten um 1 Watt pro Kilogramm Körpergewicht bis zur subjektiven Ausbelastung gesteigert wird (Abb.1).

Die Drehzahlen lagen dabei in der ersten Stufe bei ca. 50 U/min und wurden pro Stufe um ca. 10 U/min gesteigert. An die 7-10 minütige Belastungsphase schloß sich eine 5minütige Erholungsphase an.

Zur Auswertung dieser Untersuchung wurden die von MEDAU, NOWACKI 1978 vorgeschlagenen frauenspezifischen Beurteilungskriterien angewandt (Abb.1).

Die Messungen erfolgten in der Vorstart-, Leistungs- und Erholungsphase.

Während der gesamten Untersuchung wurden in jeder Minute die **Herzfrequenz**, das **Atemzugvolumen**, die **Atemfrequenz**, die **prozentuale Sauerstoffausnutzung** sowie die **prozentuale Kohlendioxidabgabe** bestimmt.

Die Blutdruckwerte wurden minütlich in der Vorstart- und 5minütigen Erholungsphase gemessen. In der Leistungsphase dagegen nur in der 2. und 4. Minute, also während der Stufen 1 und 2 W/kg KG.

Vor Belastungsbeginn, in der 4. Belastungsminute, unmittelbar nach Belastungsabbruch und in der 3. Erholungsminute wurde Blut aus dem hyperämisierten Ohrläppchen zur **Laktatbestimmung** entnommen.

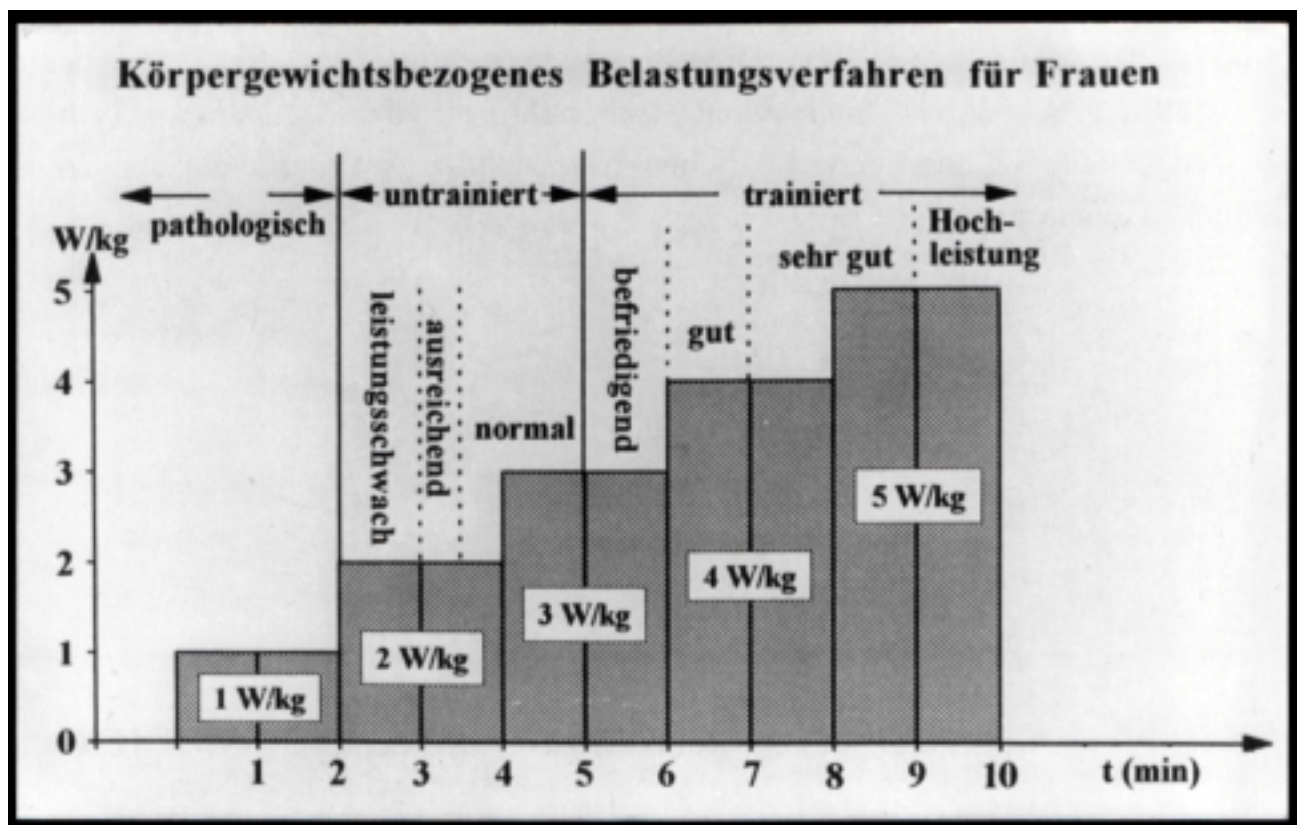


Abb.1: **Körpergewichtsbezogenes Belastungsverfahren** im Sinne einer Fahrradspiroergometrie im Sitzen, modifiziert für Frauen nach **MEDAU und NOWACKI 1978**

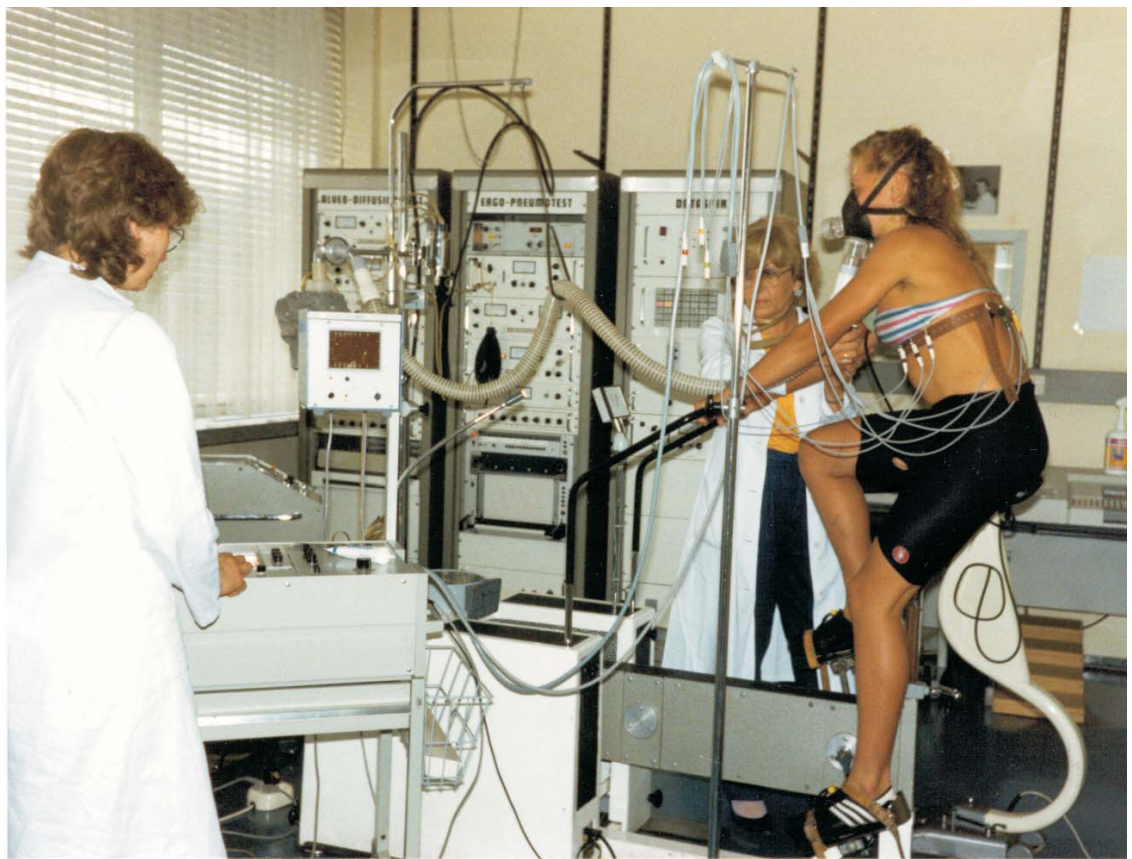


Abb.2: Kompletter **Meßplatz zur kardiorespiratorischen Funktionsdiagnostik** der Fa. E. Jaeger/Würzburg am Lehrstuhl für Sportmedizin der Justus-Liebig-Universität Gießen

2.4 FELDSTUFENTEST - LAUF

Der Test wurde auf einer 400m-Laufbahn im Stadion der Justus-Liebig-Universität in Gießen durchgeführt. Entsprechend der Leistungsfähigkeit der Sportlerinnen wurden 4-6 x 2000m gelaufen. Die Gesamtbelastungsdauer lag damit zwischen 50 und 60 Minuten.

Die Eingangsgeschwindigkeit betrug 10 km/h (2,78 m/s) und erhöhte sich pro Stufe um 1 km/h (0,33 m/s), so daß sie in der 6. Stufe 15 km/h (4,16 m/s) betrug.

Die Belastungsdauer der einzelnen 2000m-Abschnitte reichte somit von 12 Minuten in der ersten bis zu 8 Minuten in der letzten Stufe.

Die Herzfrequenzen wurden während des gesamten Tests mittels der Polar-Sporttester der Firma Polar Electro alle 15 Sekunden registriert und gespeichert.

Zwischen den Stufen wurde in einer 30-40 sekündigen Pause Blut zur Laktatbestimmung aus dem hyperämisierten Ohrläppchen entnommen.

Die Temposteuerung erfolgte mittels einer akustischen Signalanlage alle 50 Meter.

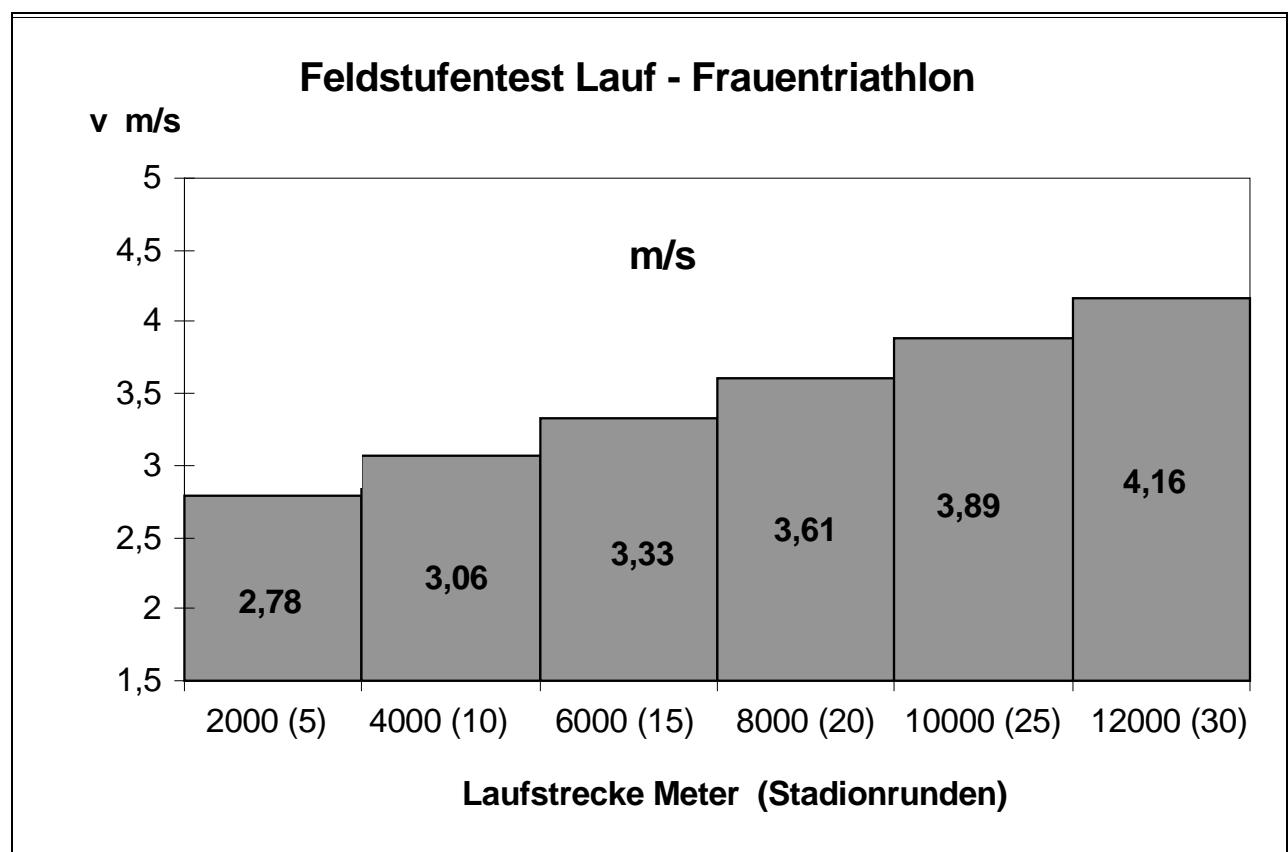


Abb.3: Prinzip des Testablaufes im **Feldstufentest – Lauf** bei dem die Probandinnen je nach Leistungsfähigkeit 4-6 mal die Strecke von 2000m (entsprechend 5 Stadionrunden) in steigender Laufgeschwindigkeit zu bewältigen hatten

Die Bilder 1-4 vermitteln einen Eindruck vom Ablauf des Feldstufentests-Lauf.



Bild 1: Stadionlauf mit Zeitorientierung nach Hütchen(alle 50m)



Bild 2: Lauf mit zusätzlichem Blick der Athletin zum Pulsmesser



Bild 3: Blutentnahme unmittelbar nach der Ankunft der Laufgruppen



Bild 4: Blutprobenentnahme aus dem hyperämisierten Ohrläppchen für die Laktatbestimmung

2.5 TRIATHLONSPEZIFISCHER WETTKAMPFSIMULATIONSTEST

Vorstart: Zunächst wurden die Sportlerinnen körperlich untersucht. Daran schloß sich eine Lungenfunktionsprüfung mit Bestimmung von Vitalkapazität und relativer Sekundenkapazität an. Weiterhin wurden die Ruhewerte für Blutdruck, Herzfrequenz, Laktat und das Körpergewicht bestimmt. Die Atemmaske wurde angepaßt und bereitgelegt. Der Pulsgurt wurde angelegt. Während der gesamten Testdauer wurden alle 15 Sekunden die Herzfrequenzen vom Polar-Sporttester aufgezeichnet.

Schwimmen: Die **Schwimmstrecke** betrug **600m** in einem 16,67m langen Schwimmbecken des Universitätssportzentrums der Justus-Liebig-Universität (36 Bahnen). Der Start erfolgte wie auch im Wettkampf im Becken.

Direkt nach Bewältigung der Schwimmstrecke wurden der Blutdruck gemessen und Blut zur Laktatbestimmung entnommen. Dann erfolgten Kleiderwechsel, Lauf in das nebenliegende Institutsgebäude (Abteilung Sportmedizin), Anlegen der Atemmaske und Schuhwechsel. Dazu wurden durchschnittlich 6-9 Minuten benötigt.

Radfahren: Auf einem **windradgebremsten Radtrainer** (Tacx Powertrainer) wurden auf dem eigenen Wettkampfrad **20 km** zurückgelegt. Die Trittfrequenzen waren dabei frei wählbar.

Während des Tests wurden in jeder Minute das Atemminutenvolumen, die Atemfrequenz, die prozentuale Sauerstoffausnutzung sowie die prozentuale Kohlendioxidabgabe registriert. Der Blutdruck wurde in der 2., 4., 7. und alle 5 weiteren Minuten gemessen. Blut zur Laktatbestimmung wurde in der 3., 6., 10. und danach ebenfalls alle 5 Minuten entnommen.

Weiterhin registrierten wir minütlich die Trittfrequenz sowie die momentane Geschwindigkeit .

Nach dem Radfahren wurden in einer 2minütigen Pause die Schuhe gewechselt und vom Rennrad auf das danebenstehende Laufband – dem „ **Laufergotest**“ der Fa. Jaeger/Würzburg umgestiegen.

Laufen: Auf dem **Laufband** wurden zunächst bei 6% Steigung und einer Geschwindigkeit von 9 km/h 15 Minuten gelaufen. Dies entspricht einer Belastung von 1,5Watt/kg Körpergewicht. In einer sich daran anschließenden 1minütigen Pause wurden der

Blutdruck gemessen und Blut zur Laktatbestimmung entnommen. Danach wurde noch 1 Minute bei 6% Steigung und 9 km/h gelaufen, dann erhöhte sich alle 2 Minuten die Steigung um 2 % bis zur subjektiven Ausbelastung.

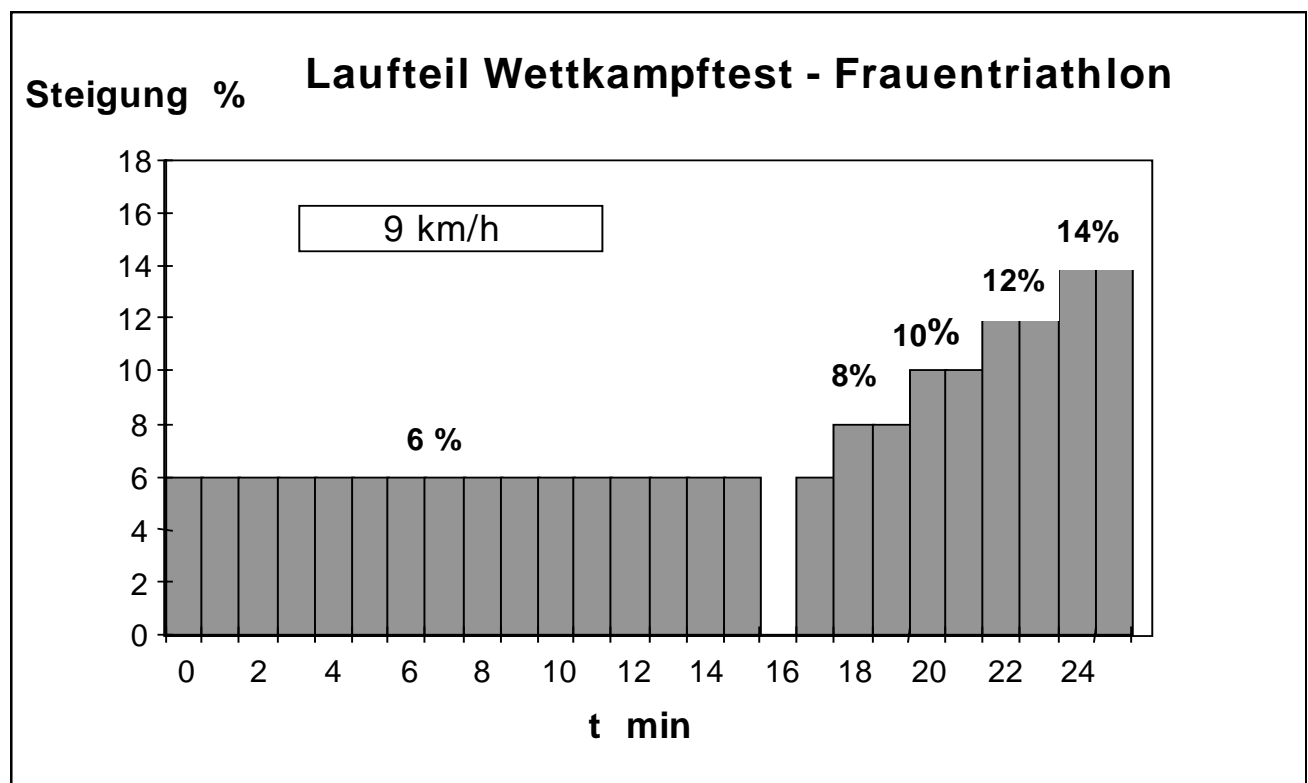


Abb.4: Prinzip des Testablaufes **im Laufteil beim standardisierten Labor-Triathlon-Wettkampftest**, bei dem die Probandinnen zunächst 15 Minuten bei konstanter Geschwindigkeit belastet und dann je nach läuferischer Leistungsfähigkeit für weitere 3-9 Minuten bei steigender Laufbandsteigung ausbelastet wurden

Erholung: Die ersten 3 Minuten erfolgten in aktiver Erholung bei langsamem Gehen auf dem Laufband ohne Steigung. In der 1. bis 5. Minute wurde jeweils der Blutdruck gemessen, sowie in der 3. und 10. Erholungsminute Blut zur Laktatbestimmung entnommen. Alle weiteren kardiozirkulatorischen und kardiorespiratorischen Meßwerte wurden bis zur 5. Erholungsminute registriert.

Abschließend wurden nochmals die Vitalkapazität, die relative Sekundenkapazität und das Körpergewicht bestimmt.

Einen Eindruck von dem Triathlonspezifischen Wettkampftest vermitteln die Bilder 5-7.



Bild 5: Teil 1 - Freistilschwimmen über 600m



Bild 6 und 7: Teil 2 und 3 - Radfahren auf dem eigenen Rennrad (Bild 6) mit Registrierung der kardiorespiratorischen Leistungsparameter und Laufbandspiroergometrie (Bild 7)

2.6 APPARATIVE BESTIMMUNGSMETHODIK

Herzfrequenz: Während der Fahrradspiroergometrie wurden jeweils in den letzten 10 Sekunden jeder Belastungs- bzw. Erholungsminute das EKG mit dem Drei-Kanal-Elektrokardiographen *“Multiskriptor EK 26“* der Fa. Hellige über den Brustwandableitungen V 4-6 nach *Wilson* abgeleitet.

Gleichzeitig wurde jede einzelne Herzaktion auf einem EKG-Monitor beobachtet.

Im Lauf-Feldtest sowie beim Triathlon-Test wurden die Herzfrequenzen mittels **Polar-Sporttester** der Firma *Polar Elektro* alle 15 Sekunden aufgezeichnet.

Blutdruck: Die unblutige indirekte Blutdruckmessung erfolgte nach *Riva-Rocci* mittels Oberarmmanschette durch Auskultation der Korotkow-Töne.

Die berechneten Mittelwerte und Streubereiche des Blutdruckes wurden entsprechend der Meßgenauigkeit auf ± 5 mmHg auf- oder abgerundet, z.B. 123/12 mmHg entspricht 125/10 mmHg.

Ventilatorische Meßparameter: Das Atemminutenvolumen, die Atemfrequenz, die prozentuale Sauerstoffausnutzung und prozentuale Kohlendioxidabgabe wurden im offenen Spirographensystem *“Ergo-Pneumotest“* der Fa. E. Jaeger, Würzburg pneumotachographisch und nach der Wärmeleitmethode gasanalytisch bestimmt.

Dabei wurden die Ventilationsgrößen **Atemzugvolumen** und **Atemfrequenz** pneumotachographisch im offenen System (Maskenatmung) mit dem kompletten Meßplatz zur kardiorespiratorischen Funktionsdiagnostik der Fa. E. Jaeger/Würzburg registriert.

Aus diesen Größen wurde das entsprechende **Atemminutenvolumen** in Liter/min BTPS berechnet.

Die **prozentuale Sauerstoffausnutzung** (Vol.%O₂) und **Kohlendioxidausscheidung** (Vol%CO₂) wurden als Differenzwerte zwischen der Ein- und Ausatemungsluft der Probandinnen nach der Wärmeleitmethode ermittelt.

Kardiorespiratorische Rechenparameter: Aus den o.g. Meßparametern wurden die folgenden Leistungsgrößen berechnet:

1. Absolute Sauerstoffaufnahme (VO_2)

$$\text{VO}_2 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD} = \text{Atemminutenvolumen VE l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD} \cdot \text{Vol\% O}_2$$

$$\text{AMV l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ BTPS} = \text{AZV ml BTPS} \cdot \text{Af} \cdot \text{min}^{-1}$$

$$\text{AMV l STPD} = \text{AMVL l BTPS} \cdot \text{Reduktionsfaktor STPD}$$

2. Relative Sauerstoffaufnahme (VO_2/kg) in $\text{ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

$$\text{VO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD} = \frac{\text{Absolute Sauerstoffaufnahme ml STPD}}{\text{Körpergewicht kg}}$$

3. Sauerstoffpuls VO_2/Hf

$$\text{Sauerstoffpuls ml STPD} = \frac{\text{Sauerstoffaufnahme ml/min STPD}}{\text{Herzschlagfrequenz in dieser Minute}}$$

4. Atemäquivalent

$$\text{AÄ} = \frac{\text{AMV l BTPS}}{\text{VO}_2 \text{ l STPD}}$$

5. Absolute Kohlendioxidabgabe (VCO_2)

$$\text{VCO}_2 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD} = \text{Atemminutenvolumen VE l} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD} \cdot \text{Vol\% CO}_2$$

6. Respiratorischer Quotient (RQ)

exakter der Ventilations-RQ, wird aus der minütlichen Kohlendioxidausscheidung in ml dividiert durch die Sauerstoffaufnahme in ml berechnet. Der VRQ kann aber auch unmittelbar aus den Quotienten

$$\text{VRQ} = \frac{\text{Vol\% CO}_2}{\text{Vol\% O}_2}$$

berechnet werden.

Laktat: Zur Laktatbestimmung wurden aus dem hyperämisierten Ohrläppchen der Probandinnen jeweils 10 Mikroliter Kapillarblut entnommen und in eine Pufferlösung gegeben. Anschließend wurden photometrisch die Laktatwerte bestimmt. Dazu verwendeten wir das **Miniphotometer 8 der Fa. Dr. Lange, Berlin**, das unter Ausnutzung des Hämatokritwertes bei einer Wellenlänge von 520nm den Laktatgehalt der jeweiligen Probe bestimmt.

Trittfrequenz und Geschwindigkeit: Beide Werte lasen wir auf dem am jeweiligen Fahrrad installierten Fahrradcomputer **BC 500 der Fa. Sigma Sport** ab. Zur Sicherheit und um Fehlmessungen auszuschließen, hatten wir einen 2. Fahrradcomputer **C 20** der Firma **Vetta** installiert.

2.7 STATISTIK

Die Datenerfassung sowie die weiterführenden Berechnungen und Auswertungen wurden auf einem Personalcomputer mit Hilfe des **Microsoft Tabellenkalkulations- und Graphikprogrammes Excel 7.0** durchgeführt.

Die erfassten Daten wurden am Hochschulrechenzentrum unter Betreuung durch Mitarbeiter des Institutes Medizinische Informatik der JLU Gießen (Leiter: Prof. Dr. med. Dudeck) bearbeitet und statistisch ausgewertet.

Für die statistischen Berechnungen wurden das arithmetische Mittel und die Standardabweichungen der jeweiligen Datenreihe bestimmt.

Für Vergleiche innerhalb der von uns untersuchten Gruppe von Probandinnen wurde entsprechend der **t-Test für verbundene Stichproben**, auch bekannt als Paardifferenztest, angewendet.

Dabei gilt:

$$t = \frac{d\sqrt{n}}{s}$$

t = Testgröße

d = Mittelwert der Paardifferenzen

n = Anzahl der Paardifferenzen

s = Standardabweichung der Paardifferenzen

Sollten Vergleiche zwischen der männlichen und weiblichen ProbandenInnengruppe durchgeführt werden, kam der **t-Test für unverbundene Stichproben** bei einseitiger Fragestellung zum Einsatz.

In diesem Falle gilt:

t = Testgröße

x = Mittelwert

n = Anzahl der Meßwerte

SQ = Summe der Abweichungsquadrate

Die somit ermittelten Testgrößen wurden den entsprechenden Tabellen in der Literatur gegenübergestellt und so die **Signifikanzniveaus p** ermittelt.

Es galten die üblichen Signifikanzniveaus von:

$p > 0,05$	=	nicht signifikant (-)
$p \leq 0,05$	=	signifikant (+)
$p \leq 0,01$	=	sehr signifikant (++)
$p \leq 0,001$	=	hochsignifikant (+++) ,

CLAUSS u. EBNER 1985, IMMICH 1974, MING 1997, MOLL u. REINERS 1983, RAMM u. HOFFMANN 1976, SVOBODA 1974.

2.8 KRITIK DER METHODIK

Um aussagekräftige Vergleiche zwischen der 1991 von RÜB untersuchten Gruppe und den jetzt von uns untersuchten Triathletinnen anstellen zu können, war es notwendig den Testaufbau im Wesentlichen zu übernehmen. So nahmen wir lediglich eine Änderung des Belastungsverfahrens in dem abschließenden Laufteil des Labor-Triathlon-Wettkampftestes vor. Darauf wird im Weiteren näher eingegangen werden.

Wie schon von PFÜTZNER u. Mitarb. 1996 ausführlich dargestellt, benötigt eine langfristige auf Höchstleistungen ausgelegte Trainingskonzeption standardisierte Testverfahren. Diese sollen in der Lage sein, einerseits die Leistungsfähigkeit in den Einzeldisziplinen widerzuspiegeln, andererseits Aussagen über die aktuell zu erwartenden Wettkampfleistungen zu treffen. Nur dann wird eine optimale Trainingssteuerung in einer so komplexen Sportart wie dem Triathlon möglich.

Am Sportmedizinischen Institut der Universität Leipzig bilden dafür ein kipppbares Laufband mit Selbststeuerung und die räumliche Nähe eines 50m-Schwimmbeckens die Testbasis (NEUMANN u. Mitarb. 1993, PFÜTZNER u. Mitarb. 1996).

Dadurch sind von äußeren Einflüssen (wie starker Wind, Niederschläge, etc.) unabhängige, standardisierte und reproduzierbare Bedingungen für eine langfristige Datenerfassung gegeben. Es wird möglich, kontinuierlich über den gesamten Labor-Wettkampfverlauf, die entsprechenden Parameter zu erheben.

In vielen bisher durchgeführten Untersuchungen wurde versucht, vor und nach Wettkämpfen bzw. in den sich durch die Wechselzeiten ergebende Pausen, Messungen hinsichtlich kardiorespiratorischer bzw. metabolischer Funktionsparameter zu erheben (DE VITO et. al. 1995, LAURENSEN et. al. 1993, NEUMANN u. VOLK 1999, OKHUWA et.al. 1988, O'TOOLE et. al. 1989, SCHMID u. Mitarb. 1984, ZAPF u. Mitarb. 1992). Das ist natürlich aufgrund des hohen apparativen Aufwandes nur sehr eingeschränkt möglich, insbesondere für die ventilatorischen Meßwerte.

Am Lehrstuhl für Sportmedizin der Justus-Liebig-Universität in Gießen ergaben sich folgende Besonderheiten für den Testablauf:

1. Schwimmen

Das zur Verfügung stehende Hallenbad weist eine Länge von 16,33m auf und ist auf eine Temperatur von 27°C aufgeheizt. Das heißt, es ergeben sich wesentlich günstigere Bedingungen als im offenen Gewässer. Aus diesem Grund entschlossen sich RÜB u. Mitarb. 1991 die Schwimmstrecke von den gewöhnlichen 500m (im Rahmen eines Sprinttriathlons) auf 600m zu verlängern.

Für den Schwimmteil wurde auf die Erhebung respiratorischer Leistungsparameter verzichtet. Es standen erstens keine Geräte für eine mobile Atemgasmessung zur Verfügung, zweitens wären die Wechselzeiten unnötig verlängert worden und hätten damit die Möglichkeit zur Regeneration gegeben und die in den folgenden Abschnitten erhobenen Parameter verfälscht.

2. Radfahren

Um die Radleistung der Triathletinnen nicht durch eine ungewohnte Sitzposition zu beeinflussen, wurde für diesen Teil das auch im Wettkampf von der jeweiligen Probandin benutzte Rennrad auf das Trainingsgerät **Tacx Power Trainer** montiert. Dies entsprach auch dem Vorgehen von RÜB 1991.

3. Laufen

Für den Laufteil stand leider kein Laufband mit der Möglichkeit der freien Geschwindigkeitswahl durch den Probanden zur Verfügung. Deshalb mußte in Anlehnung an den Testaufbau von RÜB 1991, die Belastung vorgegeben werden. Um trotzdem eine Differenzierung der Laufleistungen vornehmen zu können, wurde nach einer 15minütigen Periode mit konstanter Belastung, eine stufenweise Belastungssteigerung durch eine Erhöhung des Laufbandwinkels vorgenommen. Diese wurde bis zur individuellen Belastungsgrenze jeder Probandin durchgeführt.

Für den Anfangsteil mit konstanter Laufbandsteigung über 15 Minuten wählten wir für die Frauen eine etwas niedrigere Geschwindigkeit, um den Verhältnissen im Wettkampf gerecht werden zu können.

Um Koordinationsproblemen, wie sie bereits in anderen Untersuchungen beschrieben worden waren (HOLLMANN u. HETTINGER 1990) vorzubeugen, hatten wir allen Probandinnen vor dem Test genügend Zeit gegeben, um sich an die speziellen

erschweren Bedingungen beim Laufen auf einem Laufband zu gewöhnen. Tatsächlich berichtete keine Probandin über schwerwiegende Probleme in dieser Hinsicht.

Ein entscheidender Nachteil im Vergleich zum durch Messungen unbeeinflussten Wettkampf war im Labortest sicherlich das Tragen der **Atemmaske**. Damit einher geht zum Einen ein subjektives Mißempfinden, zum Anderen die fehlende Möglichkeit während der Belastung Flüssigkeit oder Kohlenhydrate aufzunehmen.

Nach NEUMANN 1996 kann es bereits bei einem Kurztriatthlon von ca. 2 Stunden Dauer zu einer **Depletion der Glykogenvorräte** kommen, die dann eine Kohlenhydrataufnahme noch während des Wettkampfes erforderlich machen, um einen **hypoglykämiebedingten Leistungsabfall** zu verhindern (MADER 1994).

Bei dem von uns gewählten Testablauf ist davon auszugehen, daß es während der ca. 90minütigen Belastung zu keinem relevanten Glykogenmangel gekommen ist.

Nach HUONKER 1993 ist während der von uns gewählten Belastungsdauer von einem **Flüssigkeitsverlust** von ca. 2 l auszugehen. Dieser konnte erst nach dem Belastungsende ausgeglichen werden.

WYNDHAM 1986 konnte bei einer Untersuchung an 30 Marathonläufern nachweisen, daß die **Körperkerntemperatur** in hohem Maße vom Wasserverlust abhängig ist. Bei Sportlern mit Wasserverlusten über 3% des Körpergewichtes waren Temperaturanstiege über 40°C nachweisbar. Bei Verlusten von über 5% muß bereits mit dem Auftreten eines Hitzeschlages gerechnet werden.

Zudem kommt es zum Ansteigen der Herzfrequenz und dem Nachlassen der Leistungsfähigkeit für langdauernde Belastungen (CLASING 1989).

Bei einem durchschnittlichen Körpergewicht unserer Probandinnen von knapp 60 kg, entspräche also der oben postulierte Wert von 2l Flüssigkeitsverlust etwas über 3% des Körpergewichtes.

Der von uns tatsächlich gemessene Gewichtsverlust betrug zwischen 0,1 und 1,7 kg, das sind im Mittel 0,8kg ($\pm 0,5$).

Es ist also davon auszugehen, daß durch die fehlende Möglichkeit der Flüssigkeitszufuhr die Leistung einiger Probandinnen insbesondere in den späteren Testabschnitten negativ beeinflusst wurde. Allerdings fehlen in der Literatur genaue Angaben über den Leistungsverlust bei entsprechenden Flüssigkeitsdefiziten.

Ein weiteres Problem, welches im Diskussionsteil noch einmal eingehend erörtert wird, ist die Tatsache, daß der Wettkampftest und die Fahrradspiroergometrie zu **unterschiedlichen Zeitpunkten des Jahrestrainings** stattfanden. Da es in Abhängigkeit vom jeweiligen Trainingsinhalt zu **Schwankungen der Sauerstoffaufnahme** von bis zu 20% kommen kann (HOTTENROTT 1991), können gewisse Diskrepanzen bei den Aussagen zur erbrachten Leistung innerhalb des Wettkampftestes auftreten.

Aufgrund der vielfältigen Untersuchungen sowie gewissen organisatorischen Problemen (wie der zwischenzeitlichen Instandsetzung des zur Verfügung stehenden Hallenbades) hatten sich die Tests doch über einen längeren Zeitraum als ursprünglich geplant hingezogen.

Die **Meßgenauigkeit** der verwendeten Apparaturen konnte trotz alledem über den gesamten Untersuchungszeitraum durch regelmäßige Eichungen der pneumotachographisch registrierenden Atemapparatur und der Gasanalysegeräte erhalten werden.

Während des kompletten Untersuchungszeitraumes waren die Tests durch die gleichen Mitarbeiter geplant und durchgeführt worden. Damit konnten wir organisatorischen Problemen insbesondere im Ablauf des Labor-Triathlon-Wettkampftestes suffizient begegnen.

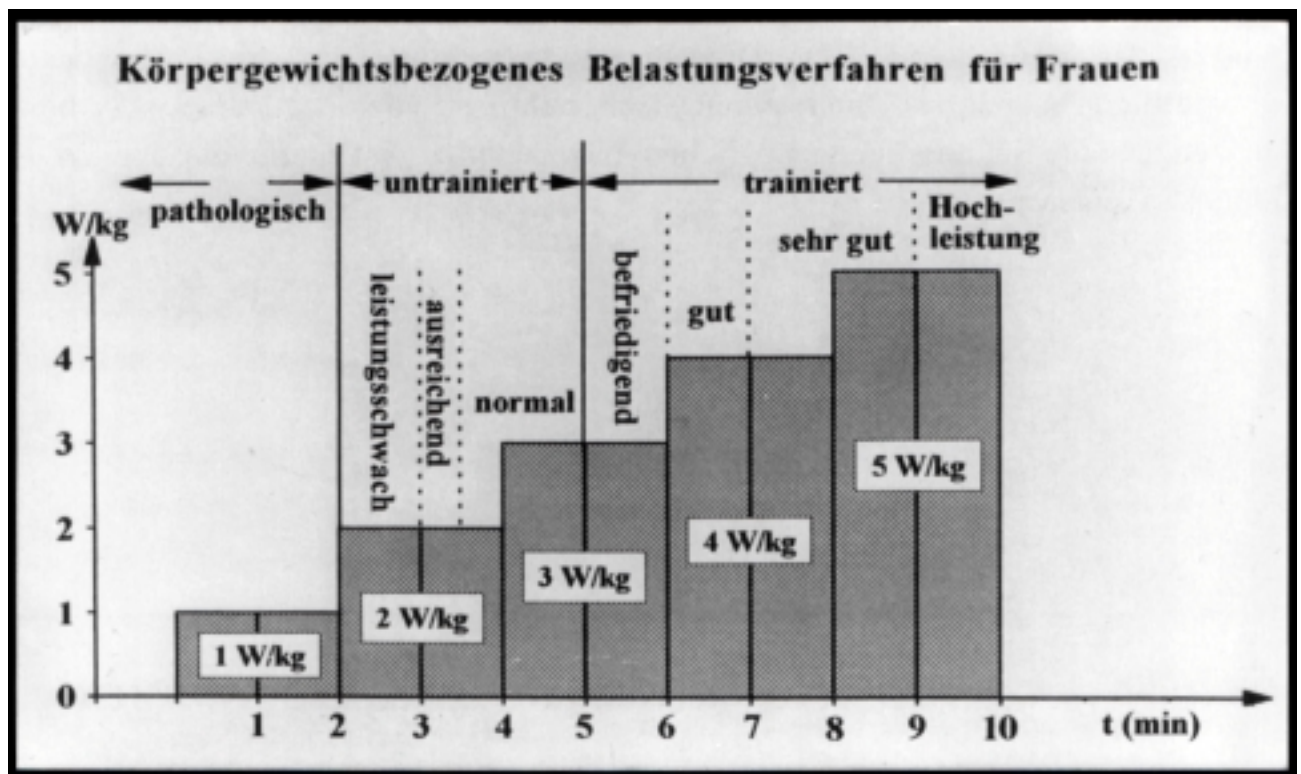
3 ERGEBNISSE

3.1 FAHRRADSPIROERGOMETRIE

Aus Abbildung 5 wird ersichtlich, wie viele Probandinnen sich zum jeweiligen Zeitpunkt noch im Test befanden.

Somit erreichten 2 Sportlerinnen den sehr gut trainierten und weitere 9 Sportlerinnen den Hochleistungsbereich.

Die Probandinnen wurden gebeten, ein Ende der Belastung zur jeweils vollen Minute anzustreben. Dieses Ziel wurde von 8 Sportlerinnen erreicht. Den 3 in der 10. Belastungsminute befindlichen Sportlerinnen gewährten wir einen freien Belastungsabbruch, so daß 2 von ihnen den Test nach 9min30sec. abbrachen, und die 3. sich 9min40sec. lang belastete.



Zeit min	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
W/kg KG	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5
Anzahl	11	11	11	11	11	11	11	10	9	3

Abb.5: Anzahl der Probandinnen in der jeweiligen Belastungsstufe bei nochmals dargestelltem Belastungsverfahren nach der 1 W/kg KG-Methode nach Nowacki 1978

3.1.1 HERZFREQUENZ

Die **Herzfrequenz** ($\text{Hf} \cdot \text{min}^{-1}$) lag vor Beginn des Testes zwischen 56 und 119, d.h. im Mittel bei 78 ± 18 Schläge $\cdot \text{min}^{-1}$.

Während der Belastung war ein Anstieg der Herzfrequenzen zu beobachten, der zum Beginn steiler verlief als zum Belastungsende.

In der Erholungsphase nahmen die Pulswerte zunächst schneller, dann langsamer ab.

Innerhalb der jeweils 2minütigen Belastungsphasen zeigten die Pulswerte keinen nennenswerten Anstieg.

Die **maximalen Werte** in der Ausbelastung lagen zwischen 167 und 197, das sind im Mittel 186 ± 9 Schläge $\cdot \text{min}^{-1}$.

Die **Erholungswerte** am Ende der 5. Minute nach Abbruch der Belastung lagen zwischen 89 und 130, im Mittel bei 105 ± 13 Schläge $\cdot \text{min}^{-1}$.

Dabei erreichten 6 Probandinnen Werte unter 105 und lassen sich somit dem kardiozirkulatorisch sehr gut trainierten Bereich zuordnen (NOWACKI 1992, NOWACKI, N.S. 1998). Die restlichen 5 Sportlerinnen zeigten höhere Werte.

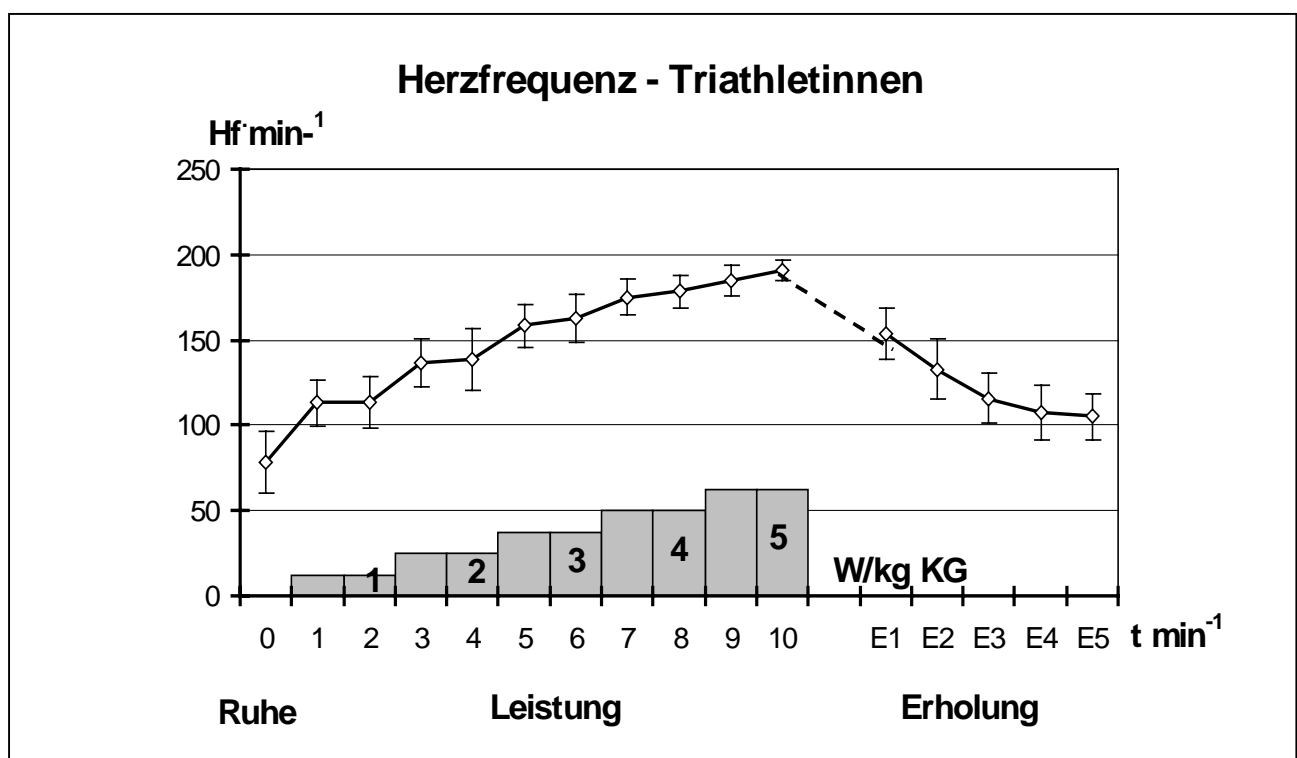


Abb.6: Mittelwerte und Standardabweichungen der **Herzfrequenz** ($M \pm 1s$) von Triathletinnen ($n=11$) vor, während und nach einer erschöpfenden Fahrradspiroergometrie im Sitzen mit der Gießener 1 Watt/kg KG - Methode

3.1.2 BLUTDRUCK (Abb.7)

Der **systolische Blutdruck** nahm kontinuierlich mit Beginn der Belastung über deren Abbruch hinaus zu. Dabei war der steilste Anstieg zwischen Belastungsbeginn und 4. Minute zu verzeichnen. Der folgende Anstieg verlief träger bis zum **Maximalwert** von $170 \pm 5 \text{ mmHg}$. Von der 1. bis zur 5. Erholungsminute nahm er dann relativ gleichmäßig ab, wobei er mit $140 \pm 14 \text{ mmHg}$ den Ausgangswert von $115 \pm 10 \text{ mmHg}$ nicht ganz erreichte.

Die **diastolischen** Werte zeigten mit Schwankungen zwischen 73 und 80 mmHg geringere Änderungen als die systolischen Werte.

Der **arterielle Mitteldruck** stieg wie der **systolische** bis zum Ende der 1. Erholungsminute an und fiel dann genauso wie dieser wieder bis annähernd zum Ausgangswert, wurde allerdings beim Sofortwert und in der 5. Erholungsminute durch den diastolischen Wert gegenseitig beeinflusst.

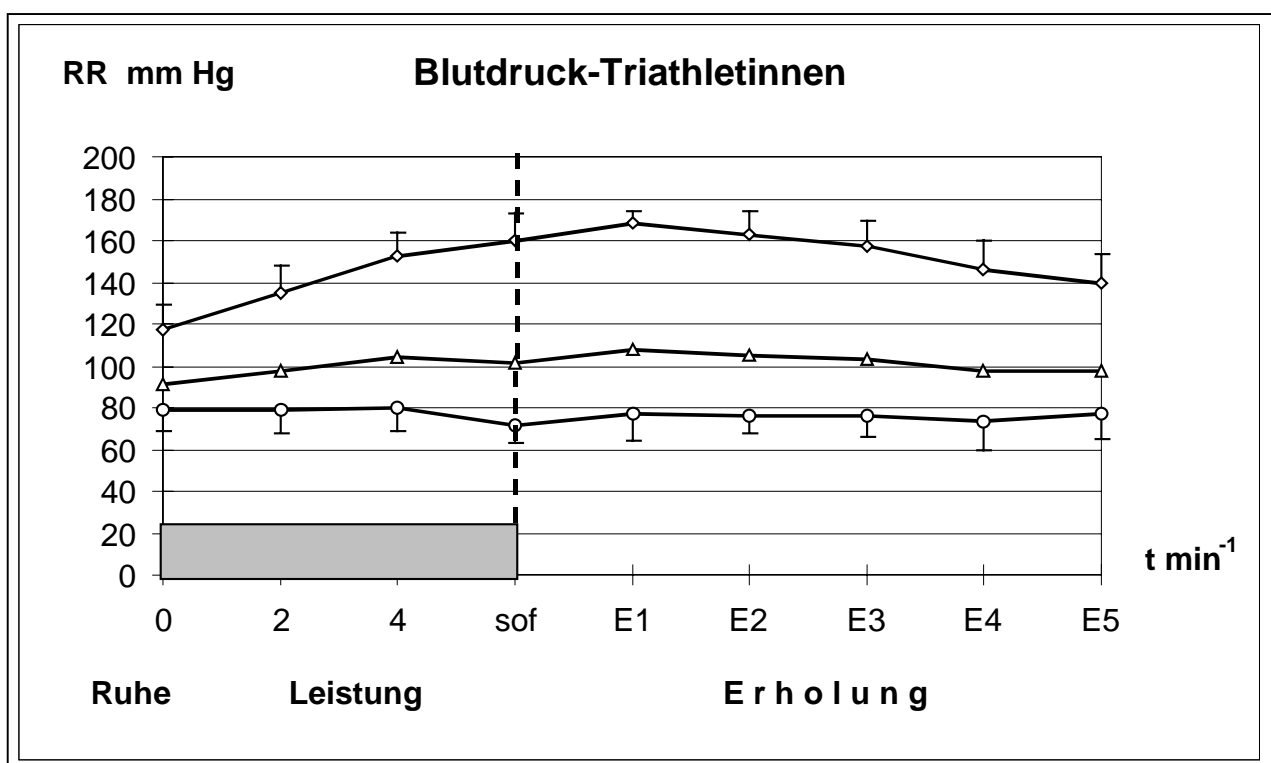


Abb.7: Mittelwerte und Standardabweichungen für die **systolischen und diastolischen Blutdrücke** ($M \pm 1s$) sowie der arterielle Mitteldruck von Triathletinnen ($n=11$) vor, während und nach einer erschöpfenden Fahrradspiroergometrie im Sitzen mit der Gießener 1 Watt/kg KG – Methode

0 - 4 : Belastungszeit

sof : Sofortwert bei Belastungsabbruch

E1- 5 : Erholungsminuten

3.1.3 ATEMMINUTENVOLUMEN (AMV)

Das **Atemminutenvolumen (AMV I BTPS)**, welches sich als Produkt aus der Anzahl der **Atemzüge** in einer Minute ($Af \cdot \text{min}^{-1}$) und dem jeweiligen **Atemzugvolumen (AZV ml BTPS)** berechnet, stieg relativ gleichmäßig zur Belastungssteigerung. Dabei ließ sich ein verstärkter Anstieg mit Beginn der 4. Belastungsstufe, entsprechend der 7. Belastungsminute, beobachten (Abb.8).

Nach Belastungsabbruch fiel das **AMV** in den ersten 2 Minuten auf weniger als die Hälfte des Maximalwertes von $101 \pm 15,3 \text{ ml/min}$ und nahm in den folgenden 3 Minuten um nochmals die Hälfte ab.

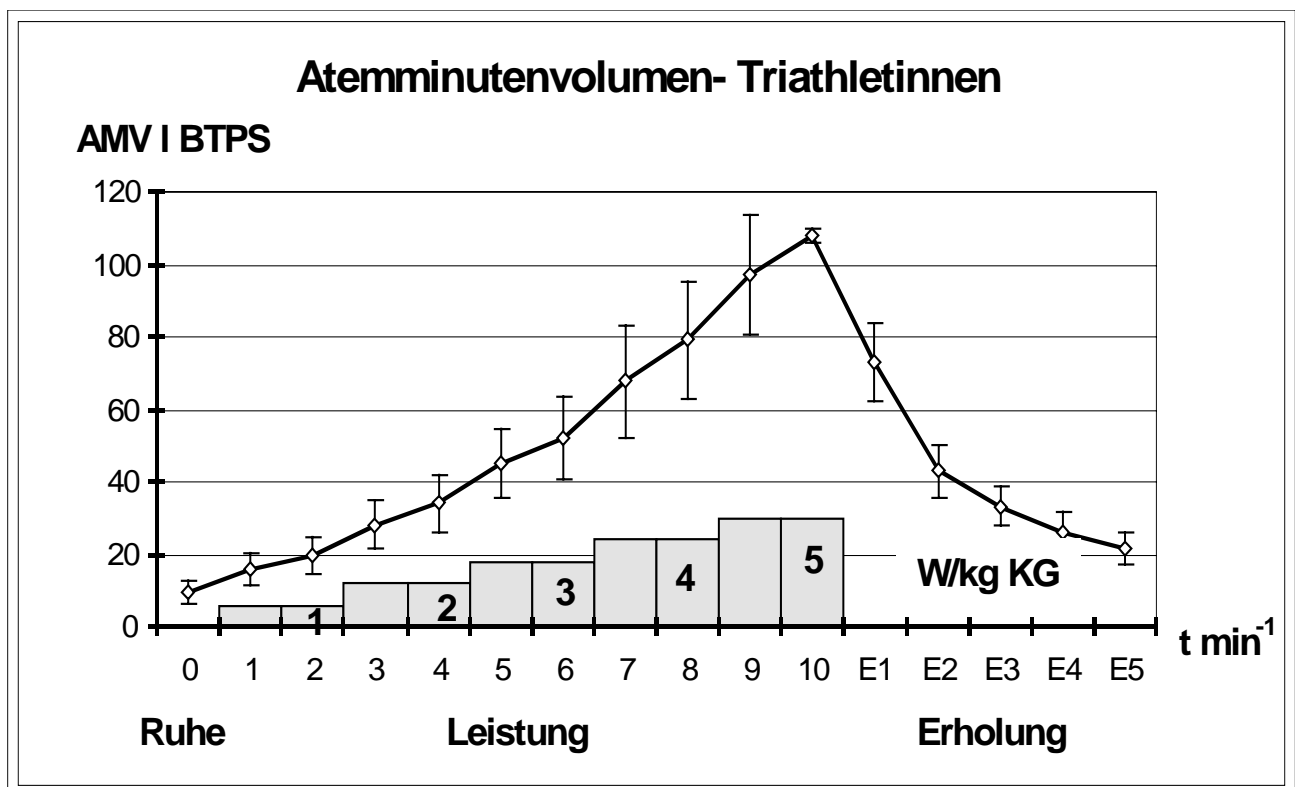


Abb.8: Mittelwerte und Standardabweichungen des **Atemminutenvolumens** ($M \pm 1s$) von Triathletinnen ($n=11$) vor, während und nach einer erschöpfenden Fahrradspiroergometrie im Sitzen mit der Gießener 1 Watt/kg KG – Methode

3.1.4 PROZENTUALE SAUERSTOFFAUSNUTZUNG (Vol.% O₂)

Die **Prozentuale Sauerstoffausnutzung** der Atemluft, also die Differenz zwischen der In- und Expirationsluft, stieg in den ersten Belastungsminuten auf ihr Maximum an, welches sie in der 4.-6. Minute erreichte. Dabei betrug der Mittelwert der **Maxima** **5,3 ± 0,4 Vol.% O₂**. Die einzelnen erreichten Maximalwerte lagen dabei zwischen 4,6 und 6,1 Vol.% (Abb.9).

Danach sank die Sauerstoffausnutzung auf etwas über 4 Vol.% zum Ende der Belastung, was als objektives Zeichen für den Eintritt des Erschöpfungspunktes zu werten ist (NOWACKI 1997).

In der Erholung nahm sie dann noch ein wenig ab und erreichte den Ausgangswert nahezu.

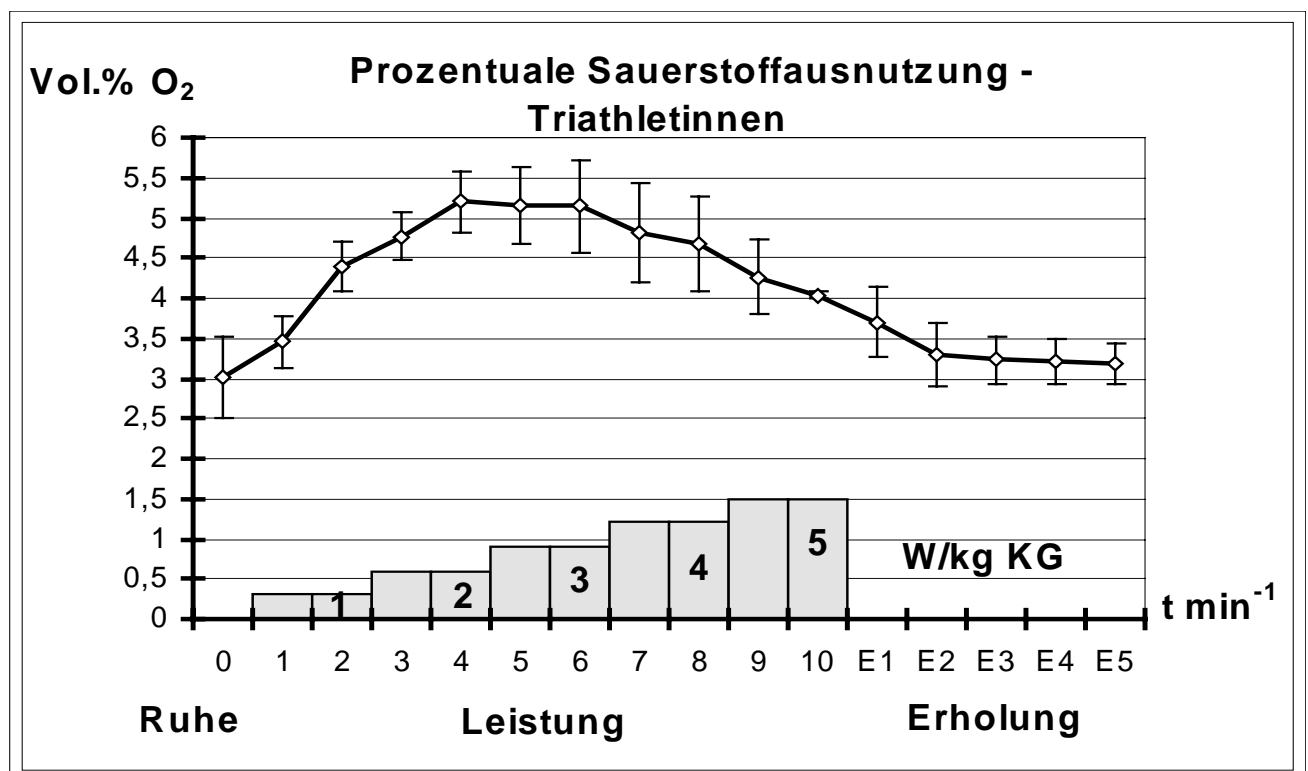


Abb.9: Mittelwerte und Standardabweichungen der **Prozentualen Sauerstoffausnutzung** ($M \pm 1s$) von Triathletinnen ($n=11$) vor, während und nach einer erschöpfenden Fahrradspiroergometrie im Sitzen mit der Gießener 1 Watt/kg KG – Methode

3.1.5 ABSOLUTE SAUERSTOFFAUFNAHME (VO_2 ml/min)

Der Vorstartwert der **Absoluten Sauerstoffaufnahme** lag zwischen 124 und 325 ml/min STPD und betrug damit in Mittel 224 ± 59 ml/min. Sie nahm dann nahezu linear mit der Belastungssteigerung zu (Abb.10).

Bei Belastungsabbruch erreichte die Sauerstoffaufnahme ihr individuelles **Maximum** mit Werten zwischen 2686 und 4058 ml/min. Der mittlere **Maximalwert** der 11 Triathletinnen der **absoluten Sauerstoffaufnahme beträgt 3351 ± 385 ml/min STPD**.

In den ersten 2 Erholungsminuten sinkt die O_2 -Aufnahme sehr schnell auf 30% des Maximalwertes ab.

In den folgenden 3 Minuten fiel die Sauerstoffaufnahme nur noch langsam und lag nach 5 Minuten Erholung mit 558 ± 96 ml/min aber immer noch deutlich über dem Vorstartwert.

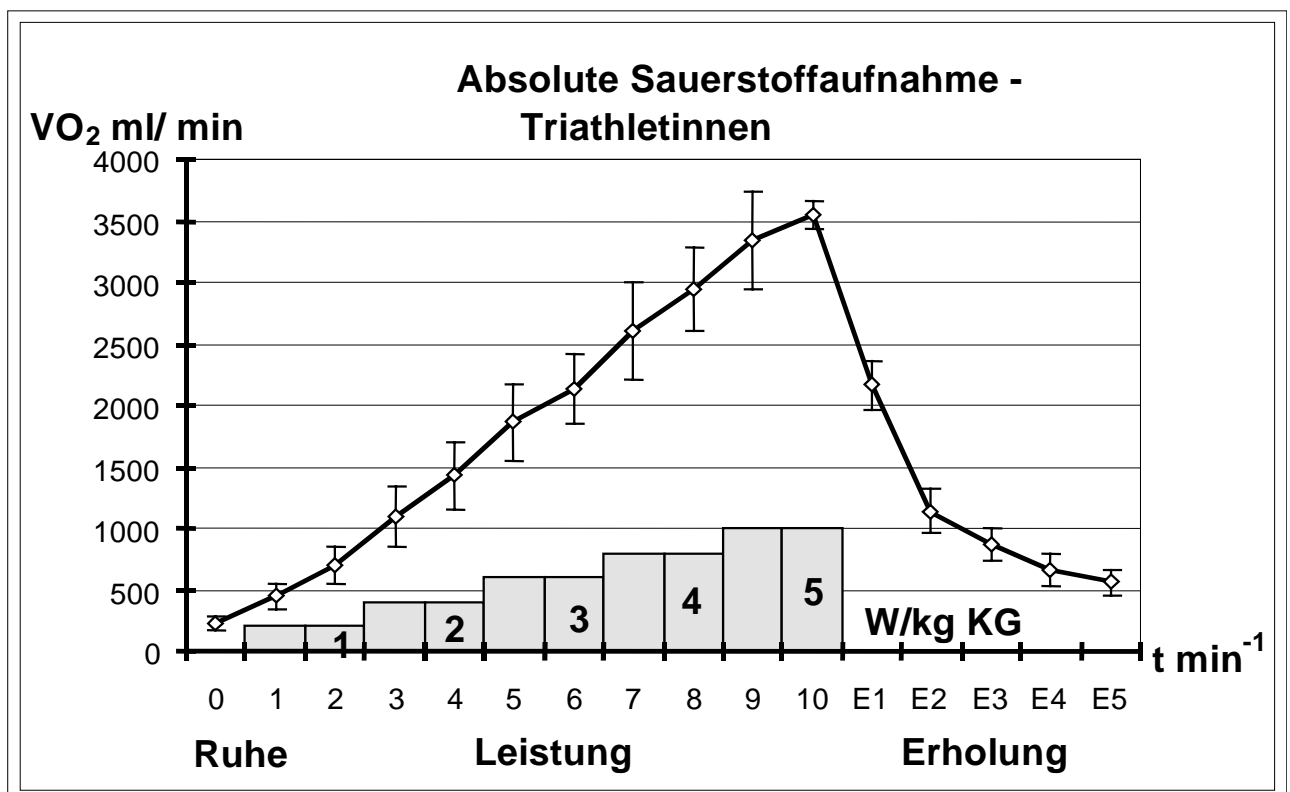


Abb.10: Mittelwerte und Standardabweichungen der **Absoluten Sauerstoffaufnahme** ($M \pm 1s$) von Triathletinnen ($n=11$) vor, während und nach einer erschöpfenden Fahrradspiroergometrie im Sitzen mit der Gießener 1 Watt/kg KG – Methode

3.1.6 RELATIVE SAUERSTOFFAUFNAHME (VO_2/KG)

Die Kurve der Mittelwerte für die **Relative Sauerstoffaufnahme** ist in Abb.11 dargestellt. Die Ruhewerte lagen zwischen 2,3 und 5,7, d.h. im Mittel bei $3,8 \pm 0,9$ ml/kg/min. Die Maximalwerte bei Belastungsabbruch betrugen zwischen 48,2 und 66,8 ml/kg/min, das sind im Mittel $57,8 \pm 6$ ml/kg/min.

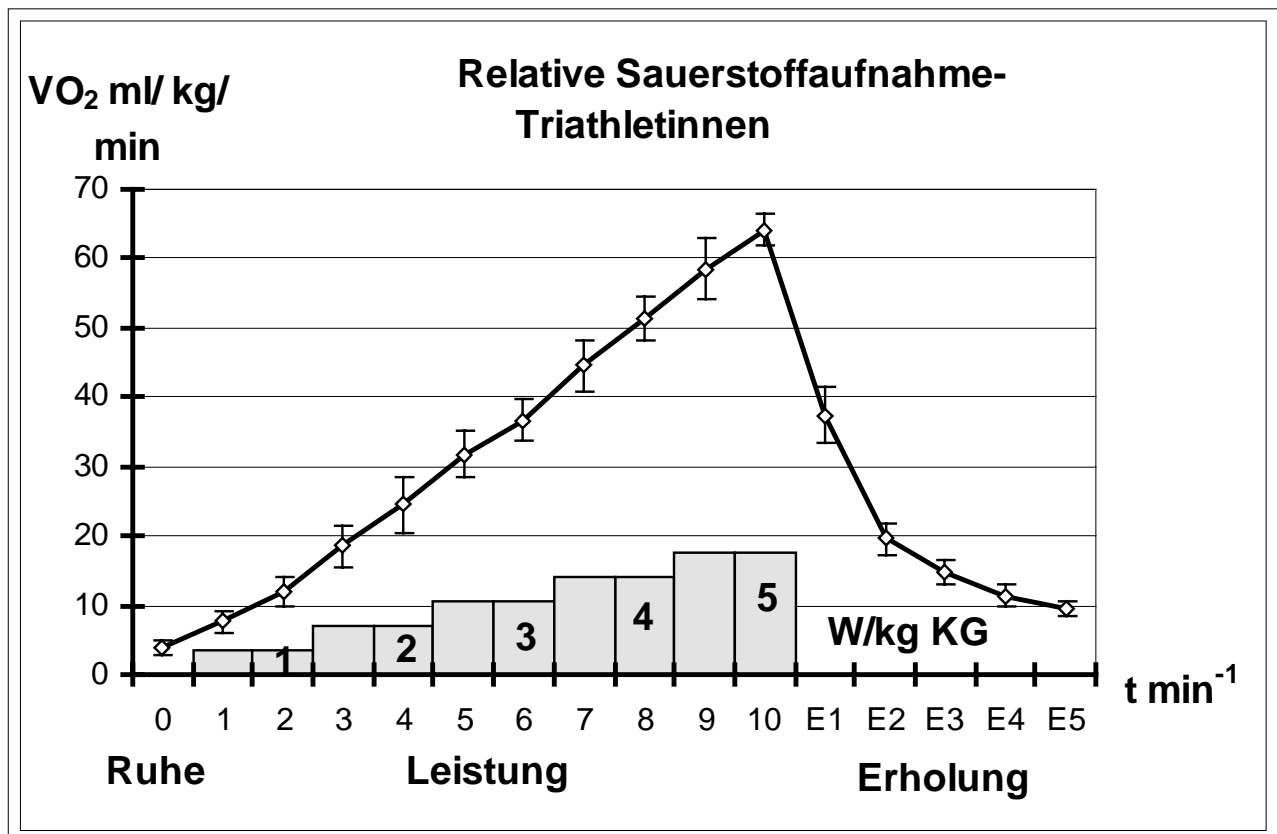


Abb.11: Mittelwerte und Standardabweichungen der **Relativen Sauerstoffaufnahme** ($M \pm 1s$) von Triathletinnen ($n=11$) vor, während und nach einer erschöpfenden Fahrradspiroergometrie im Sitzen mit der Gießener 1 Watt/kg KG – Methode

3.1.7 SAUERSTOFFPULS

Wie in Abb.12 dargestellt, erreichte der **Sauerstoffpuls** sein Maximum in der letzten Belastungsminute.

Dabei betrug der maximale Sauerstoffpuls der Triathletinnen im Mittel $18,1 \pm 1,9$ ml O_2/Hf .

Bei einer Probandin konnten wir den Maximalwert bereits in der vorletzten Belastungsminute messen.

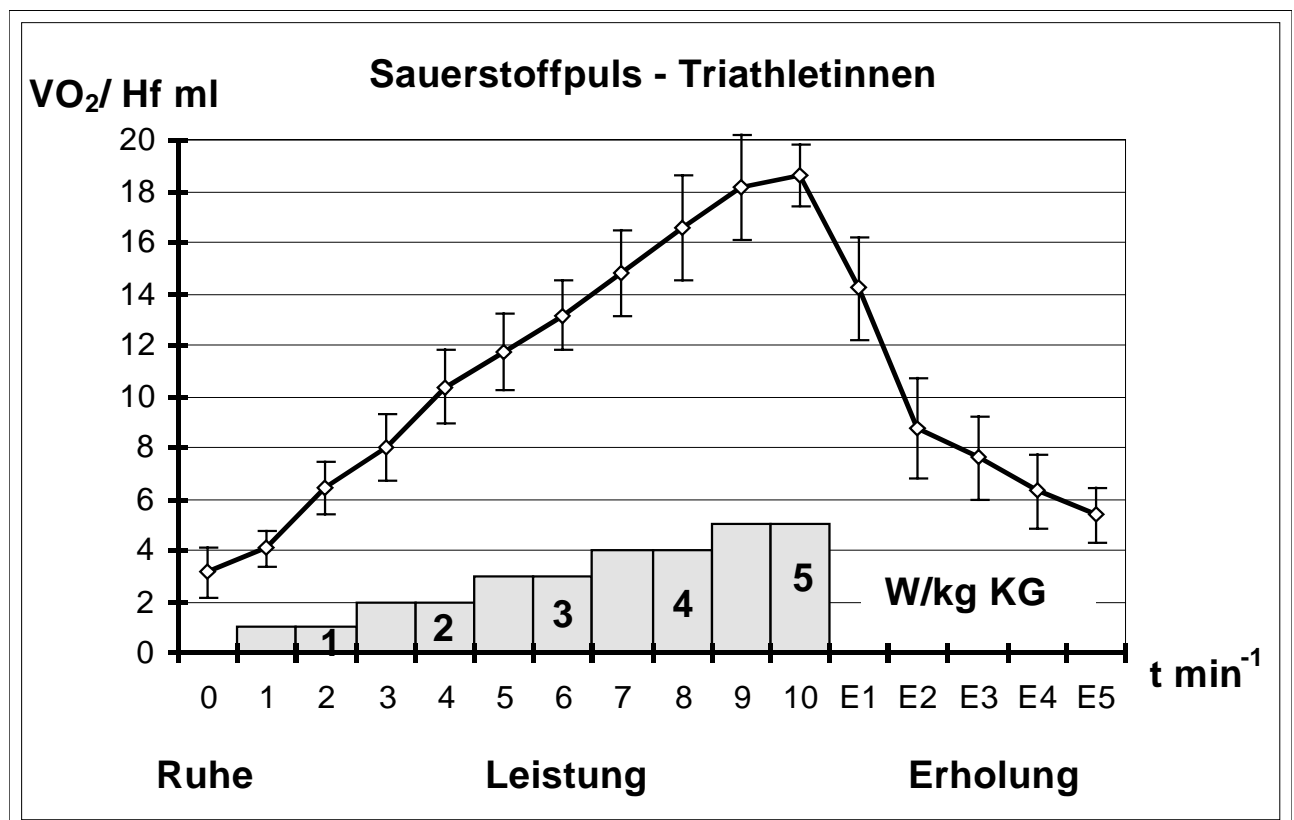


Abb.12: Mittelwerte und Standardabweichungen des **Sauerstoffpulses** ($M \pm 1s$) von Triathletinnen ($n=11$) vor, während und nach einer erschöpfenden Fahrradspiroergometrie im Sitzen mit der Gießener 1 Watt/kg KG – Methode

3.1.8 PROZENTUALE KOHLENDIOXIDAUSSCHIEDUNG

Das Verhalten der **prozentualen Kohlendioxidkonzentration in der Expirationsluft** der Sportlerinnen in der Vorstart-, Leistungs- und 5minütigen Erholungsphase zeigt die Abb.13.

Die niedrige Ausgangskonzentration von $2,8 \pm 0,5$ Vol.% ist durch die Hyperventilation vor Belastungsbeginn bedingt.

Danach steigt die **prozentualen Kohlendioxidkonzentration** im mittleren Maximalwert auf $4,7 \pm 0,4$ Vol.%CO₂.

Das Maximum der Mittelwerte wurde bei allen Probandinnen in der 6.-8.Belastungsminute erreicht, das entspricht dem Zeitraum von 1-2 Minuten vor Belastungsabbruch.

Bei einer Sportlerin war das Maximum bereits 3 Minuten vor Abbruch erreicht.

Bei Belastungsabbruch ergab sich ein Mittelwert von $4,4 \pm 0,4$ Vol.%, der somit um 0,3% unter dem Maximalwert liegt.

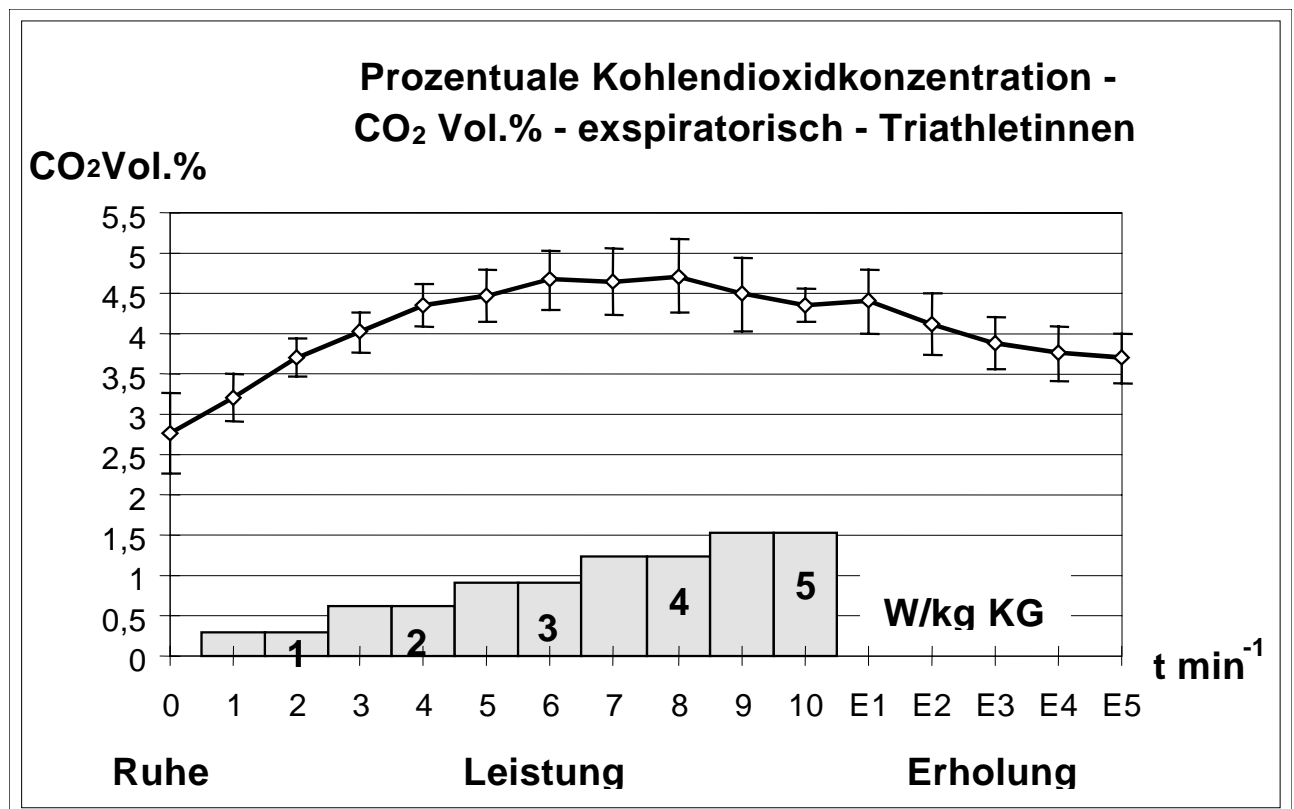


Abb.13: Mittelwerte und Standardabweichungen der **Prozentualen Kohlendioxid-abgabe** ($M \pm 1s$) von Triathletinnen ($n=11$) vor, während und nach einer erschöpfenden Fahrradspiroergometrie im Sitzen mit der Gießener 1 Watt/kg KG – Methode

3.1.9 ABSOLUTE KOHLENDIOXIDAUSSCHIEDUNG

Die Maximalwerte der **absoluten Kohlendioxidkonzentration in der Expirationsluft** der untersuchten Triathletinnen werden mit einer Ausnahme in der letzten Belastungsminute erreicht und liegen zwischen 2741 und 4147 ml/min.

Der Mittelwert der erreichten **Maximalwerte** lag bei **3622 ± 404 ml/min**.

Dem zunächst sehr schnellen folgt ein langsamerer Abfall in der 3.-5. Erholungsminute.

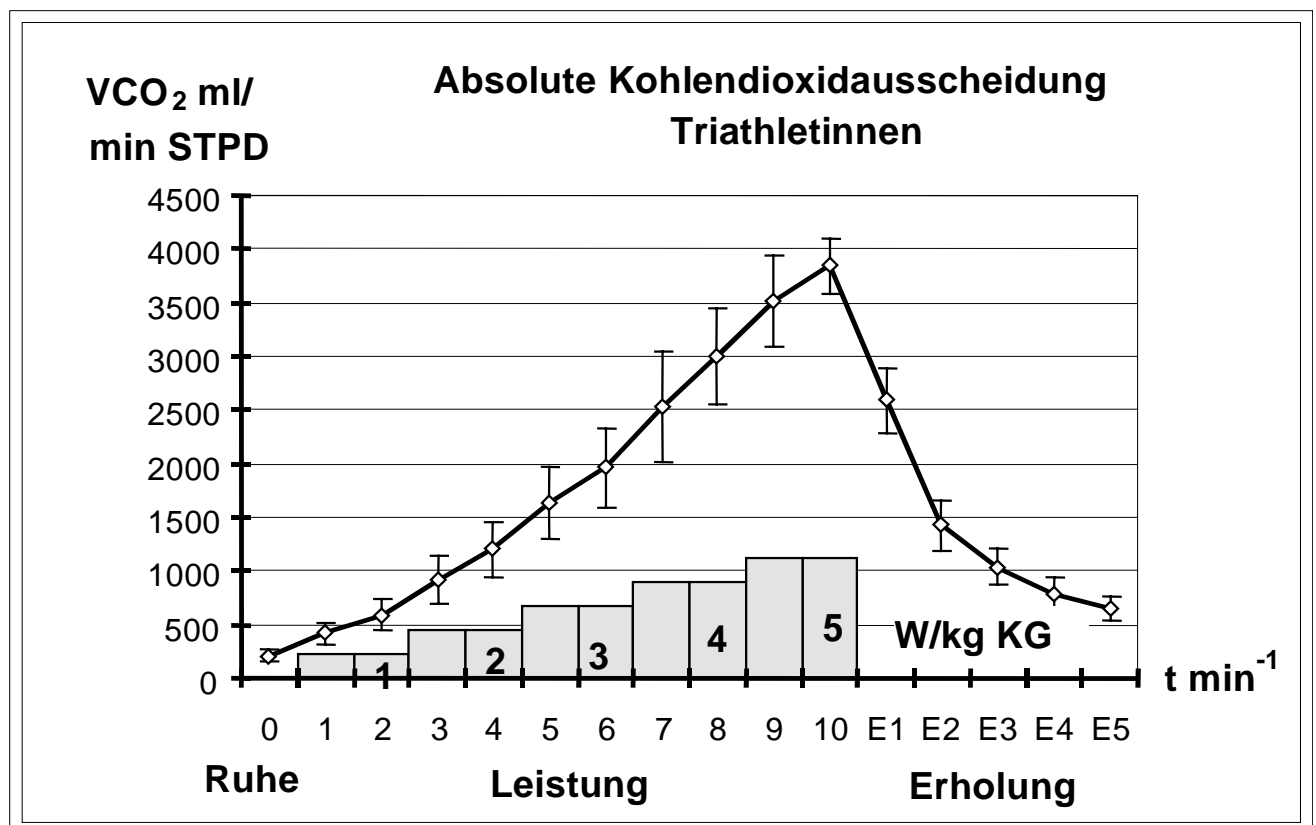


Abb.14: Mittelwerte und Standardabweichungen der **Absoluten Kohlendioxidabgabe** ($M \pm 1s$) von Triathletinnen ($n=11$) vor, während und nach einer erschöpfenden Fahrradspiroergometrie im Sitzen mit der Gießener 1 Watt/kg KG – Methode

3.1.10 RESPIRATORISCHER QUOTIENT

Der **Respiratorische Quotient** – exakter der **Ventilations-RQ** – wird aus der minütlichen Kohlendioxidausscheidung in ml dividiert durch die Sauerstoffaufnahme in ml berechnet. Der VRQ kann aber auch unmittelbar aus dem Quotienten Vol.%CO₂ dividiert durch Vol.%O₂ berechnet werden.

Der Mittelwert der untersuchten Sportlerinnen fiel nach der 1. Belastungsminute und erreichte seine niedrigsten Werte zwischen der 2. und 4. Minute.

Danach stieg er langsam bis zu seinem **Maximum von $1,25 \pm 0,07$** , welches bei allen Probandinnen in der 2. Erholungsminute erreicht war.

Bei Belastungsabbruch betrug er $1,08 \pm 0,04$ im Mittel.

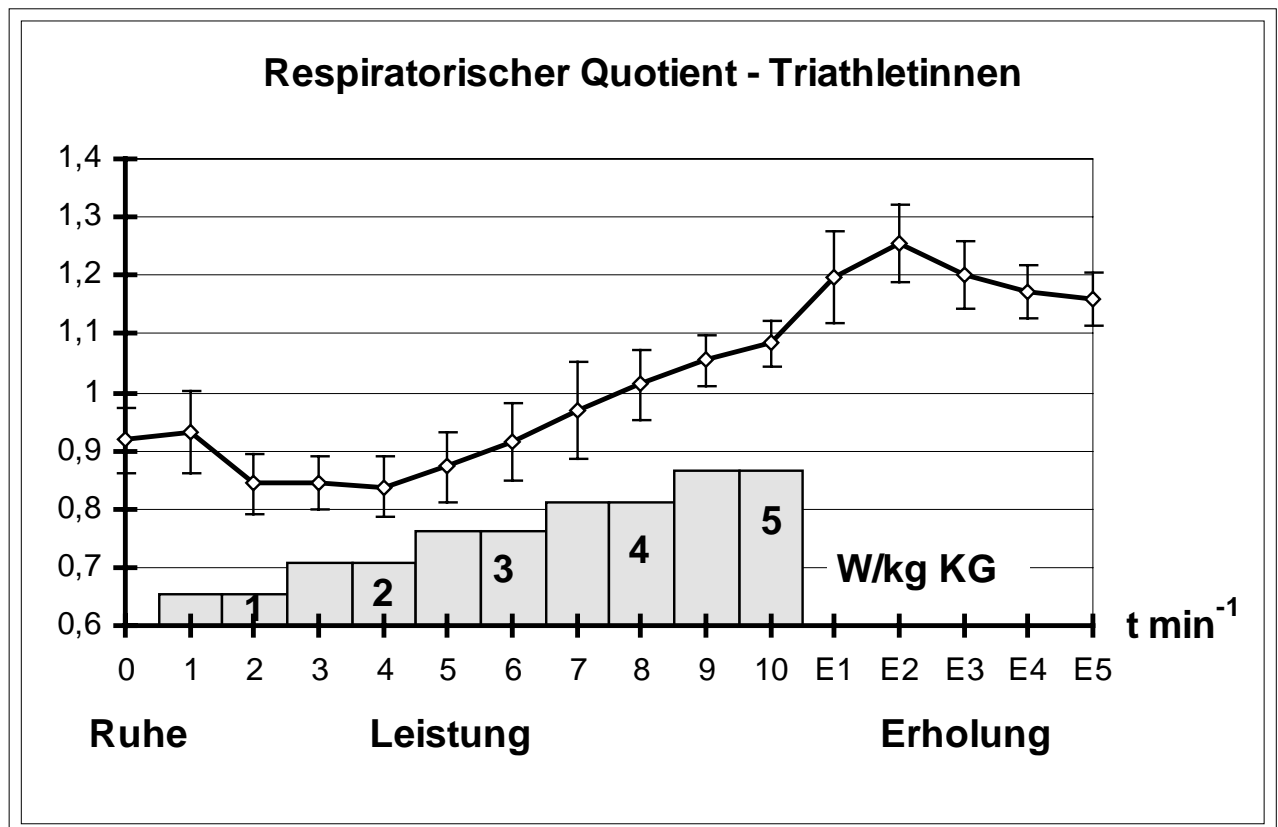


Abb.15: Mittelwerte und Standardabweichungen des **Respiratorischen Quotienten** ($M \pm 1s$) von Triathletinnen ($n=11$) vor, während und nach einer erschöpfenden Fahrradspiroergometrie im Sitzen mit der Gießener 1 Watt/kg KG – Methode

3.1.11 ATEMÄQUIVALENT

Das **Atemäquivalent (AÄ)** vor, während und nach einer erschöpfenden Fahrradspiroergometrie im Sitzen von Triathletinnen zeigt die Abb.16.

Bedingt durch die **Hyperventilation** in der **Vorstartphase** liegt das AÄ mit 42 ± 7 relativ hoch. Mit dem Eintritt in die **spiroergometrische Leistungsphase** fällt es sofort ab und erreicht in der 4. Minute mit $23,7 \pm 1,7$ den tiefsten Wert.

Insgesamt können die Triathletinnen relativ **lange eine ökonomische Atmung** mit niedrigen AÄ-Werten bis zur 7. Minute ($AÄ 25,8 \pm 3,2$) durchhalten.

Am **individuellen Erschöpfungspunkt** war der typische Anstieg des AÄ auf einen Wert von $30,2 \pm 0,4$, also dem sonst üblichen **Normalbereich in Ruhe** mit 27 ± 2 nach NOWACKI 1978, erreicht.

In der anschließenden Erholungsphase steigt die AÄ-Kurve wieder deutlich bis auf einen Höchstwert in der 5. Erholungsminute von $38,7 \pm 2,7$ an.

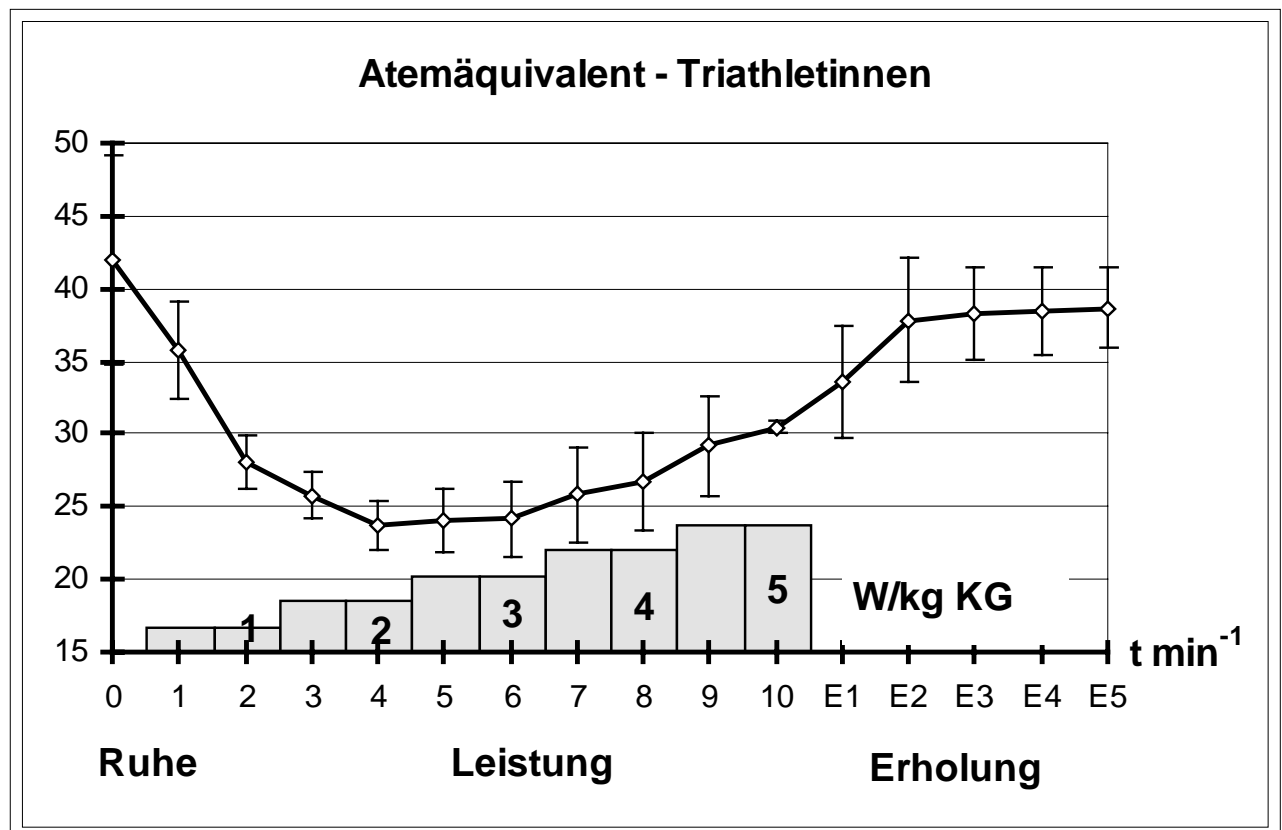


Abb.17: Mittelwerte und Standardabweichungen des **Atemäquivalentes** ($M \pm 1s$) von Triathletinnen ($n=11$) vor, während und nach einer erschöpfenden Fahrradspiroergometrie im Sitzen mit der Gießener 1 Watt/kg KG – Methode

3.1.12 LAKTAT

Der Ruhewert des **Laktats** lag bei $1,48 \pm 0,38$ mmol/l. In der 4. Belastungsminute, d.h. der 2. Minute in der 2. Belastungsstufe mit 2W/kg KG, war der Laktatwert auf $2,22 \pm 0,8$ mmol/l angestiegen.

Leider konnte die Laktatverlaufskurve in der weiteren Leistungsphase aus technischen Gründen (personelle Unterbesetzung der MTA- und sportmedizinischen Funktionsassistentinnen-Stellen, nicht ausreichende Forschungsmittel für Verbrauchsmaterial mit Kosten von ca. 60,-DM für eine vollständige Laktatleistungskurve an der JLU-Sportmedizin) nicht weiter verfolgt werden.

Lediglich die Laktatwerte bei Belastungsabbruch mit $12,25 \pm 2,3\text{mmol/l}$ und in der 3. Erholungsminute mit $12,1 \pm 2,6\text{mmol/l}$ dokumentieren die metabolische Ausbelastung der Triathletinnen bis in den Bereich der hohen Azidose ($>12\text{mmol/l}$).

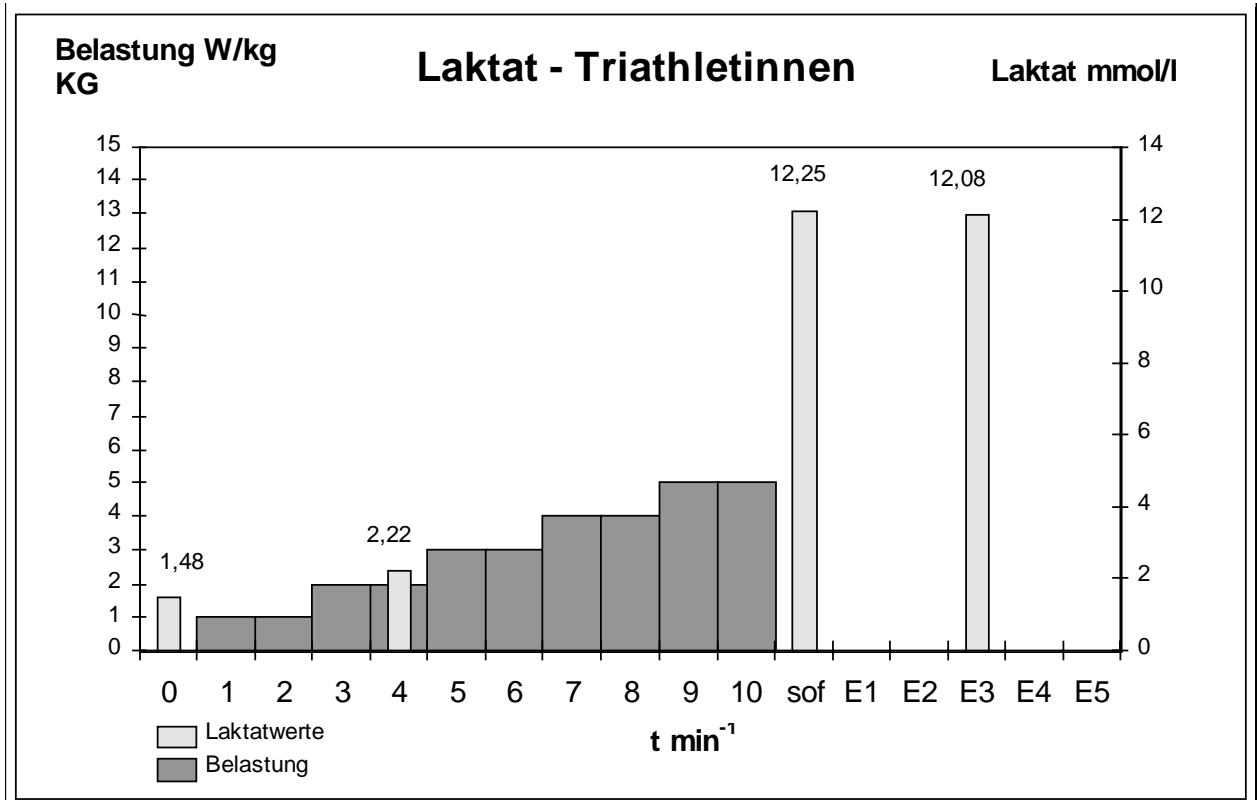


Abb.18: Mittelwerte des Laktats (M) von Triathletinnen (n=11) vor, während und nach einer erschöpfenden Fahrradspiroergometrie im Sitzen mit der Giessener 1Watt/kg KG – Methode

3.2 TRIATHLONSPEZIFISCHER WETTKAMPFSIMULATIONSTEST

3.2.1 HERZFREQUENZ

Die **Herzfrequenzen** nahmen während des **Schwimmens** stetig zu und erreichten mit **183 ± 7** ihren Maximalwert bei Belastungsabbruch (Abb.17).

Beim anschließenden **Radfahren** (Abb.18) ließ sich in den ersten 10 Minuten eine Zunahme um ca. 10 Schläge pro Minute beobachten. In den folgenden 30 Radminuten stellte sich ein **steady state** mit Werten zwischen **170 und 175** Schlägen pro Minute ein.

Im abschließenden **Laufteil** (Abb.19) wurden die **höchsten Herzfrequenzwerte** erreicht. Innerhalb der ersten 15 Laufminuten stellten sich Werte bei konstanter Belastung bei ca. **180** Schlägen pro Minute ein.

In den folgenden 3-8 Minuten – mit den ansteigenden Steigungswinkeln und dem Laufen bis zur Erschöpfung - nahm die Herzfrequenz zu und erreichte je nach Leistungsfähigkeit der Sportlerinnen zum **Testende Werte zwischen 179 und 202 Schlägen pro Minute**. Das entspricht einem durchschnittlichen **Maximalwert der Herzfrequenz am Ende des Laufteils von $192 \pm 8 \text{ min}^{-1}$** .

Dieser Wert liegt mit 6 Schlägen pro Minute deutlich über dem bei der Fahrradspiroergometrie erreichten Maximalwert von 186 (das entspricht 103%).

Die Herzfrequenzen im **Radteil** entsprechen im **steady state** einer **Belastung von 91-94%** der bei der Einzelspiroergometrie erreichten Maximalwerte.

In den **5 Erholungsminuten** nahmen die gemessenen Werte deutlich auf durchschnittlich **130 ± 17** Schläge pro Minute ab, lagen damit allerdings um 25 Schläge höher als am Ende der Erholungsphase bei der Einzelspiroergometrie.

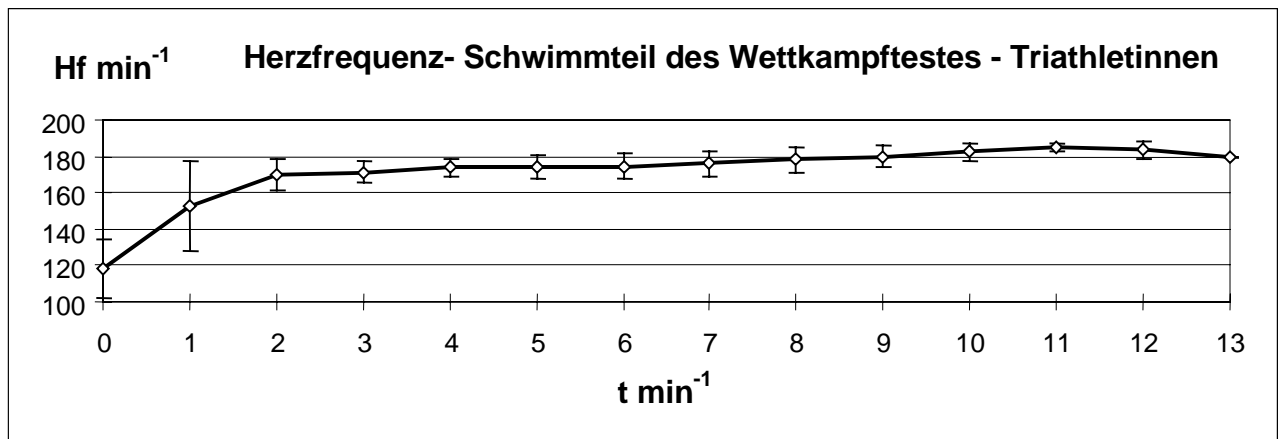


Abb. 17: Verhalten der **Herzfrequenzwerte Schläge/min** ($M \pm 1s$) von Triathletinnen ($n=8$) beim Schwimmteil des Labor-Triathlon-Wettkampftestes

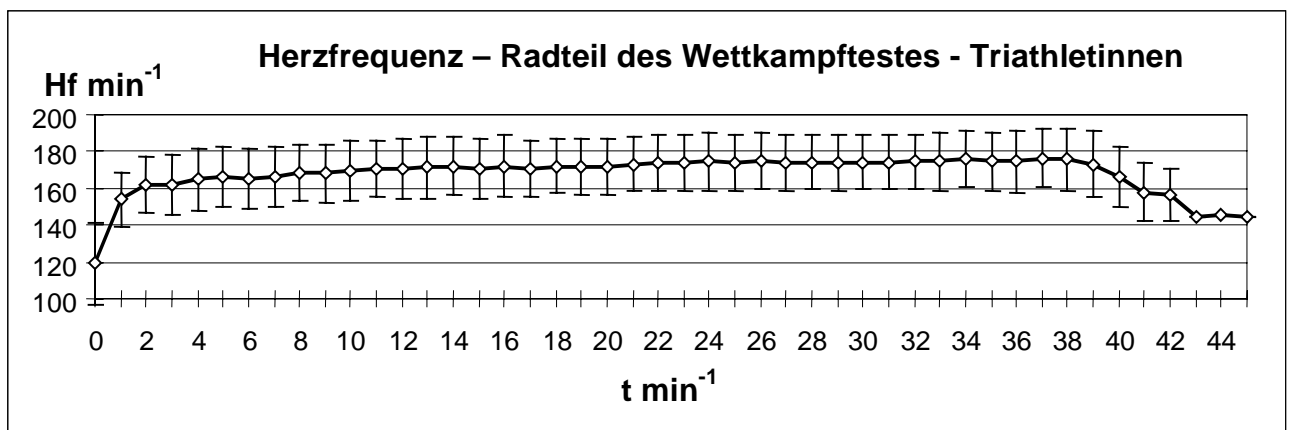


Abb. 18: Verhalten der **Herzfrequenzwerte Schläge/min** ($M \pm 1s$) von Triathletinnen ($n=8$) beim Radteil des Labor-Triathlon-Wettkampftestes

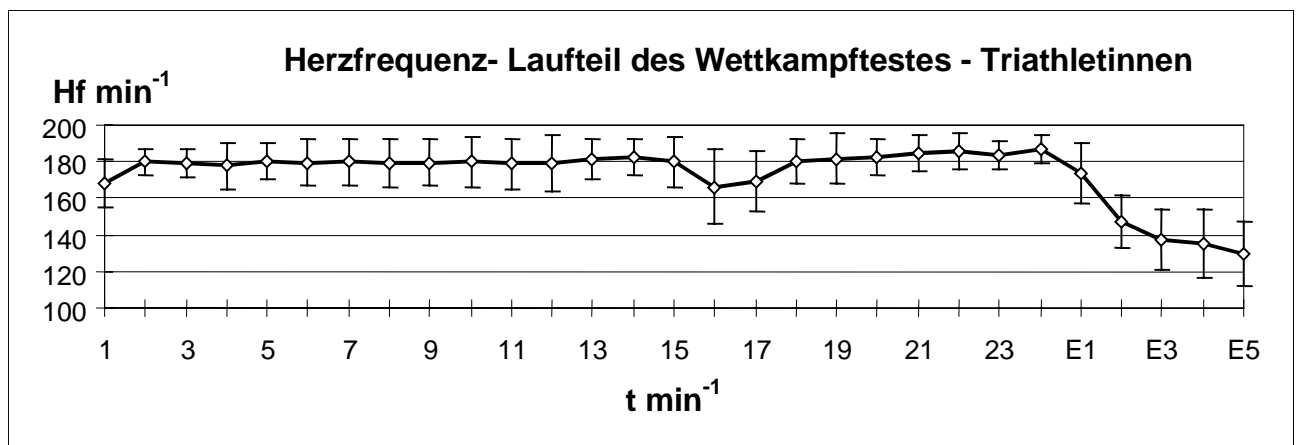


Abb. 19: Verhalten der **Herzfrequenzwerte Schläge/min** ($M \pm 1s$) von Triathletinnen ($n=8$) beim Laufteil des Labor-Triathlon-Wettkampftestes und in der anschließenden 5minütigen Erholungsphase

3.2.2 BLUTDRUCK

Den Verlauf der **systolischen und diastolischen Blutdruckwerte** über den gesamten Zeitraum des Labor-Triathlon-Wettkampftestes zeigt die Abb.20.

Dabei zeigte sich ein leichter Anstieg des **systolischen Blutdruckes** während des **Schwimmens** von im Mittel 125 ± 15 mmHg als Vorstartwert auf 140 ± 20 mmHg an.

Während des **Radfahrens** betrug er zwischen **145 und 160 mmHg**.

Seinen **Maximalwert** erreichte er mit **160 ± 15 mmHg** in der 12. Minute des Radfahrens. Der etwas niedrigere Wert in der 42. Radminute erklärt sich aus den Werten der 2 letzten zu diesem Zeitpunkt noch im Test verbliebenen Probandinnen, die auch im übrigen Testverlauf niedrigere Blutdruckwerte zeigten.

Während des **Laufens** zeigten sich dann insgesamt niedrigere Werte. So konnten wir nach 15 Laufminuten einen durchschnittlichen Wert von 140 ± 20 mmHg messen und in der 1. Minute nach Belastungsabbruch 150 ± 20 mmHg. 5 Minuten nach Testende hatte der Blutdruck seinen Ausgangswert in der Vorstartphase mit 120 mmHg wieder erreicht.

Der **diastolische Blutdruck** sank zunächst während des Schwimmens um ca. 10 mmHg, stieg dann während des Radfahrens wieder an und zeigte bei nur geringen Schwankungen Werte um 85 mmHg. Während des Laufens und zu Beginn der Erholung nahm er dann nochmals geringfügig ab.

Im Vergleich zur Fahrradspiroergometrie blieb der systolische Blutdruck um 10 mmHg unter dem dort erreichten Maximalwert mit 170 ± 5 mmHg.

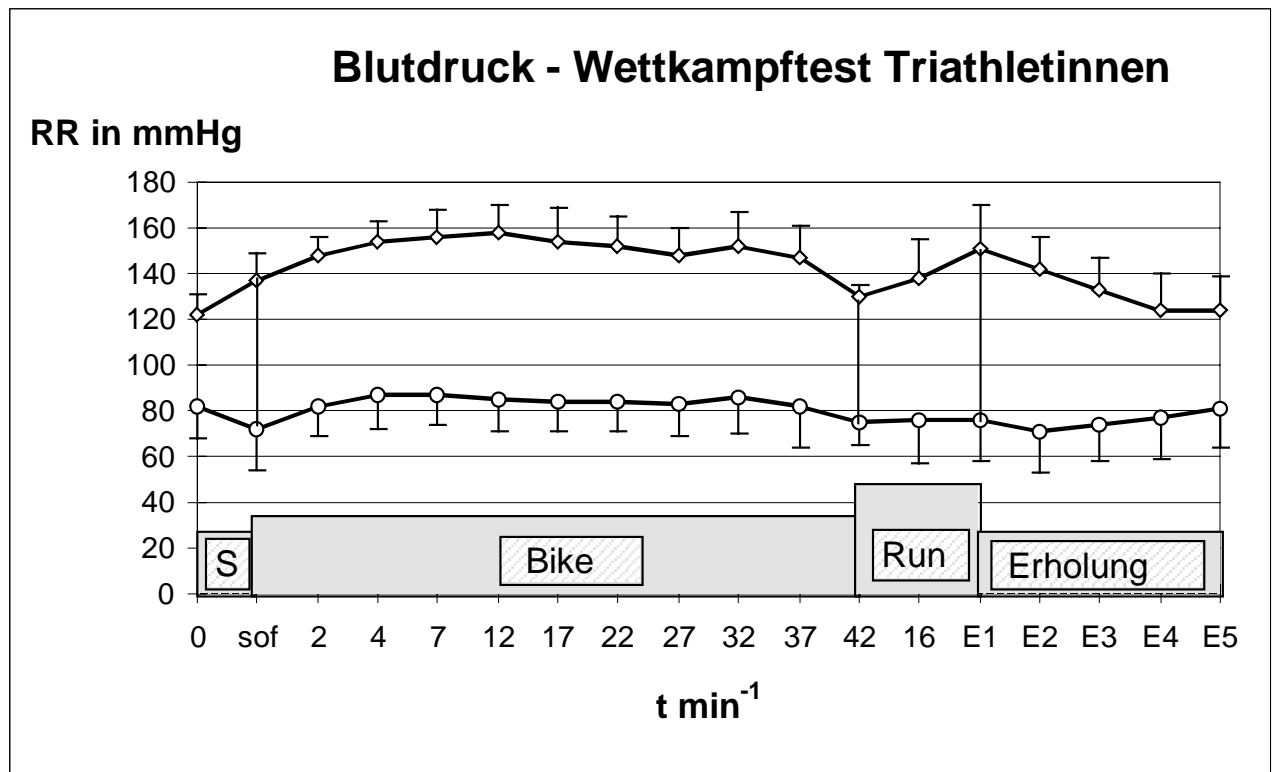


Abb.20: Verhalten der **systolischen und diastolischen Blutdruckwerte** ($M \pm 1s$) von Triathletinnen ($n=8$) beim Labor-Triathlon-Wettkampftest

S (0+ Sof) : Ruhe- und Sofortwert vor bzw. nach dem Schwimmen
 Bike (2- 42) : Werte während des Radfahrens
 Run (16) : Wert nach 15 Minuten Laufen
 Erholung (E1- E5) : Werte in der Erholung

3.2.3 ATEMMINUTENVOLUMEN (AMV)

Vorbemerkung: Beim Schwimmen konnte das Atemminutenvolumen nicht registriert werden, da das Institut für Sportwissenschaften der JLU in seinem Schwimmbad nicht über eine die Athletinnen begleitende fahrbare Meßbühne über dem Wasser verfügt. Messungen der ventilatorischen und kardiorespiratorischen Funktionsparameter während des Schwimmens sind allerdings technisch durchaus, wie z.B. an der Deutschen Sporthochschule in Köln oder an der Universität in Leipzig, möglich.

Das **Atemminutenvolumen** (AMV I BTPS) stieg innerhalb der ersten ca. 10 Minuten des Radfahrens (Abb.21) zunächst sehr steil, dann nur noch leicht an und erreichte im **steady state** - ab der 11. Minute - Werte um **55 l/min**.

Dieser Wert entspricht ca. 51% des bei der fahrradspiroergometrischen Ausbelastung erreichten AMV-Wertes.

Während des **Laufteiles** (Abb.22) lagen die Werte in den ersten 15 Laufminuten um **60 ml/min** und stiegen bis zum **Belastungsabbruch** auf **77,9 ± 8,7ml/min**.

Das sind 72% des Maximalwertes der Einzel-Fahrradspiroergometrie im Sitzen.

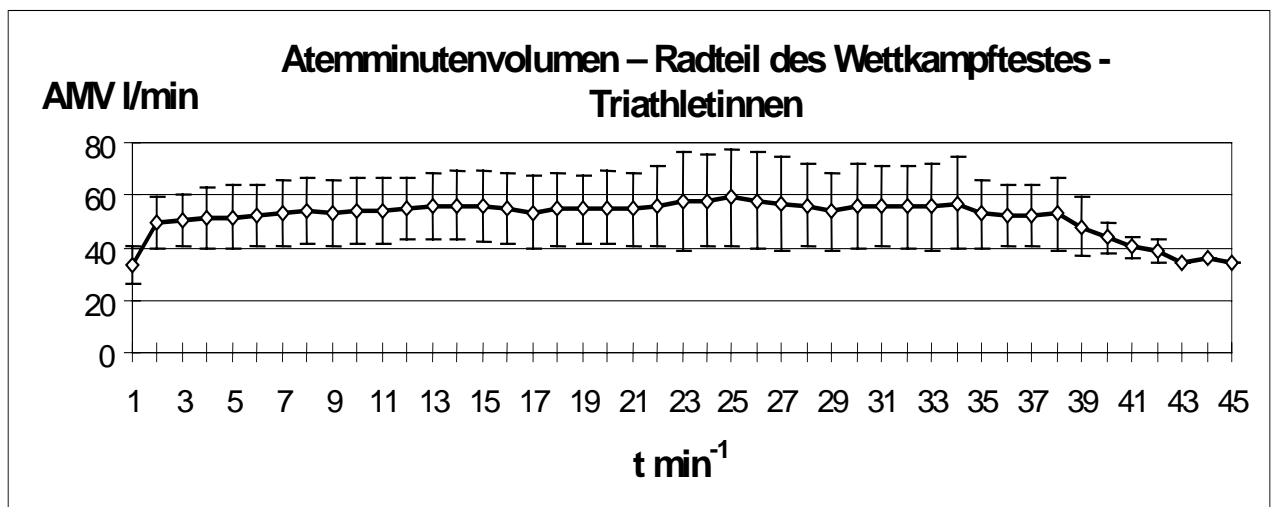


Abb. 21: Verhalten des **Atemminutenvolumens AMV I BTPS** ($M \pm 1s$) von Triathletinnen ($n=8$) beim Radteil des Labor-Triathlon-Wettkampftestes

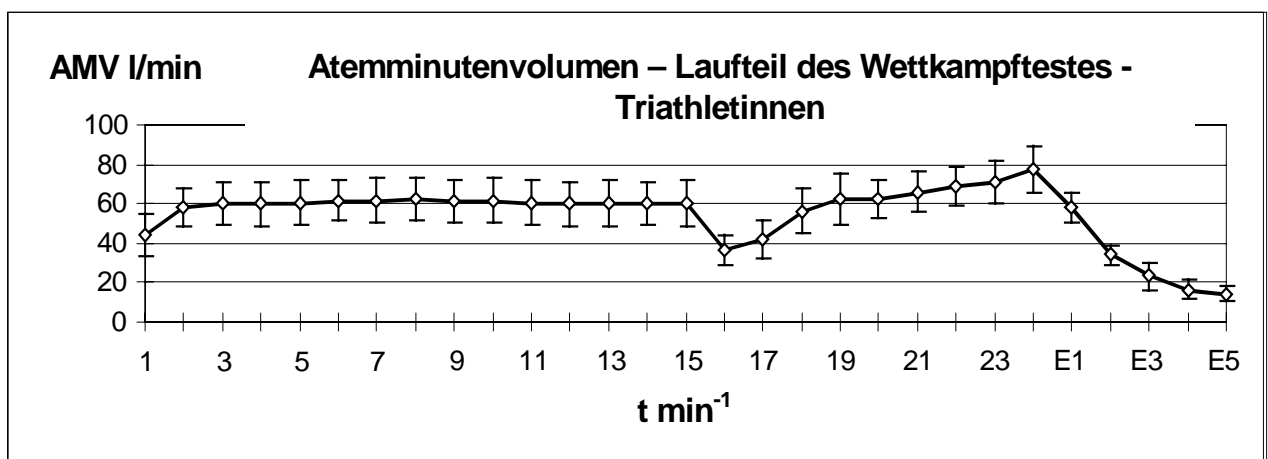


Abb. 22: Verhalten des **Atemminutenvolumens AMV I BTPS** ($M \pm 1s$) von Triathletinnen ($n=8$) beim Laufteil des Labor-Triathlon-Wettkampftestes und in der anschließenden 5minütigen Erholungsphase

3.2.4 PROZENTUALE SAUERSTOFFAUSNUTZUNG (O₂%)

Die Abbildungen 23 und 24 zeigen den Verlauf der Werte für die **Prozentuale Sauerstoffausnutzung** während des Rad- und Laufteiles sowie in der anschließenden Erholungsphase im Labor-Triathlon-Wettkampftest.

Während des Radfahrens und Laufens auf dem Laufband stellten sich relativ konstante Werte zwischen **4,4 und 4,5 Vol.%** ein.

Der **Mittelwert** bei **Testende** lag bei $4,2 \pm 0,4$ Vol.%.

Der Mittelwert während der Ausbelastung bei der Fahrradspiroergometrie hatte 4,1 Vol.% betragen.

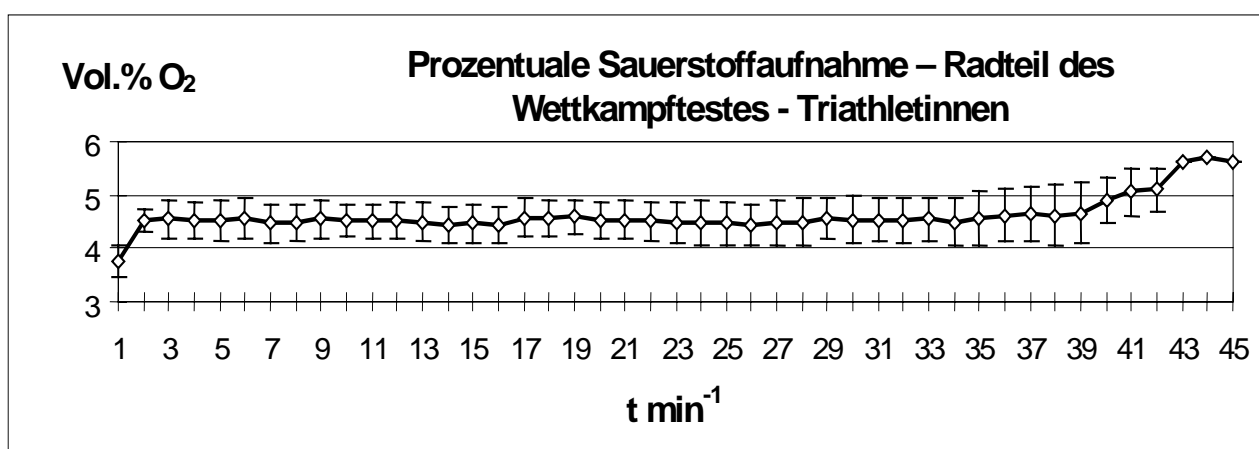


Abb. 23: Verhalten der **Prozentualen Sauerstoffaufnahme Vol.%O₂** ($M \pm 1s$) von Triathletinnen (n=8) beim Radteil des Labor-Triathlon- Wettkampftestes

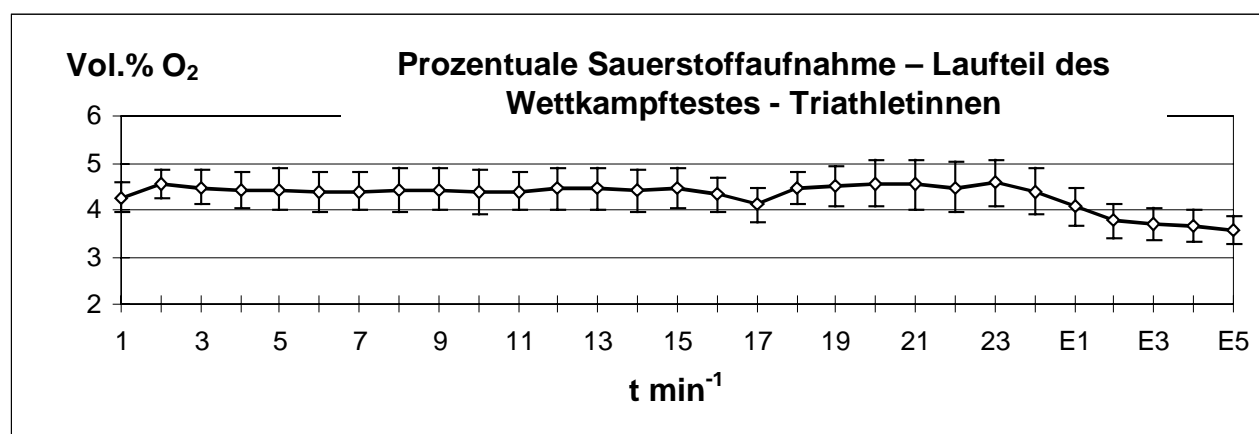


Abb. 24: Verhalten der **Prozentualen Sauerstoffaufnahme Vol.% O₂** ($M \pm 1s$) von Triathletinnen (n=8) beim Laufteil des Labor-Triathlon-Wettkampftestes und in der anschließenden 5minütigen Erholungsphase

3.2.5 ABSOLUTE SAUERSTOFFAUFNAHME (VO_2)

Das Verhalten der Sauerstoffaufnahme bei der sportartspezifischen Belastung der Triathletinnen im Labortest während des Radfahrens und Laufens zeigen die Abb. 25 und 26.

Ungefähr ab der 12. **Radminute** stellte sich ein **steady state** mit Werten um **2000 ml/min** ein (Abb.25). Dabei zeigten sich mit Werten von 1500 bis 3000 ml/min große interindividuelle Unterschiede.

Beim anschließenden **Laufen** (Abb.26) wurden zunächst Werte um 2150 ml/min registriert, die mit steigender Belastung bis auf durchschnittlich **2654 \pm 265 ml/min** zum Belastungsabbruch anstiegen.

Somit wurden Werte von ca. **60% beim Radfahren und 64% beim Laufen** in Relation zu den bei der Fahrradspiroergometrie erreichten Maximalwerten gemessen.

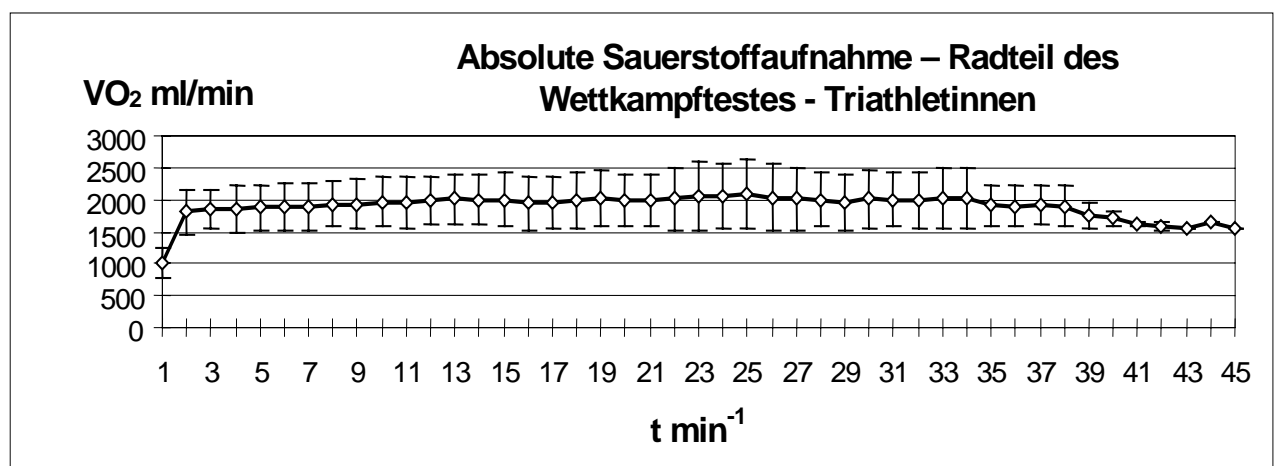


Abb. 25: Verhalten **der Absoluten Sauerstoffaufnahme VO_2 ml/min** ($M \pm 1s$) von Triathletinnen ($n=8$) beim Radteil des Labor-Triathlon-Wettkampftestes

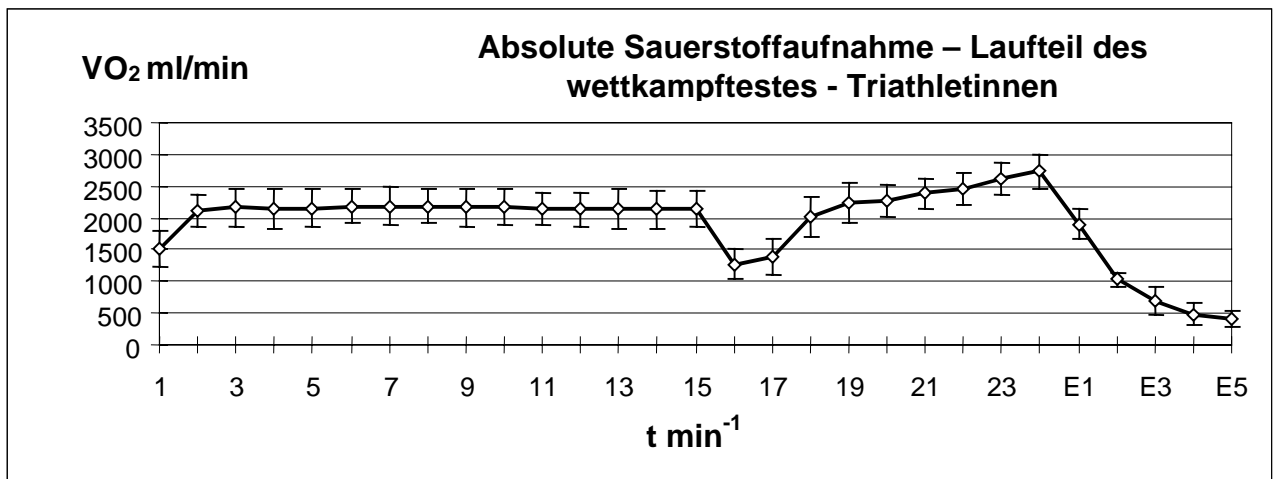


Abb. 26: Verhalten der **Absoluten Sauerstoffaufnahme** VO_2 ml/min ($M \pm 1s$) von Triathletinnen (n=8) beim Laufteil des Labor-Triathlon-Wettkampftestes und in der anschließenden 5minütigen Erholungsphase

3.2.6 RELATIVE SAUERSTOFFAUFNAHME (O_2 /kg)

In den Abbildungen 27 und 28 wird der Verlauf für die Werte der **Relativen Sauerstoffaufnahme** gezeigt.

So stieg die körpergewichtsbezogene Sauerstoffaufnahme in den ersten 12-13 Radminuten auf **34 ml/min/kg** und blieb während des **Radfahrens** konstant (Abb.27).

Beim **Laufen** wurden Werte um **37 ml/min/kg**, in der **Ausbelastungsphase** bis maximal **46 \pm 5,4 ml/min/kg** erreicht.

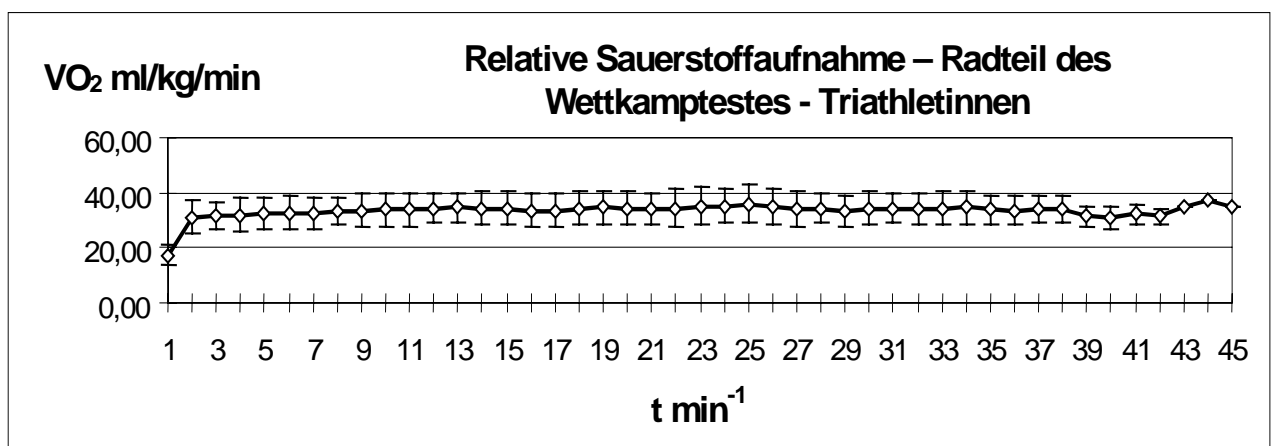


Abb. 27: Verhalten der **Relativen Sauerstoffaufnahme** VO_2 ml/kg/min ($M \pm 1s$) von Triathletinnen (n=8) beim Radteil des Labor-Triathlon-Wettkampftestes

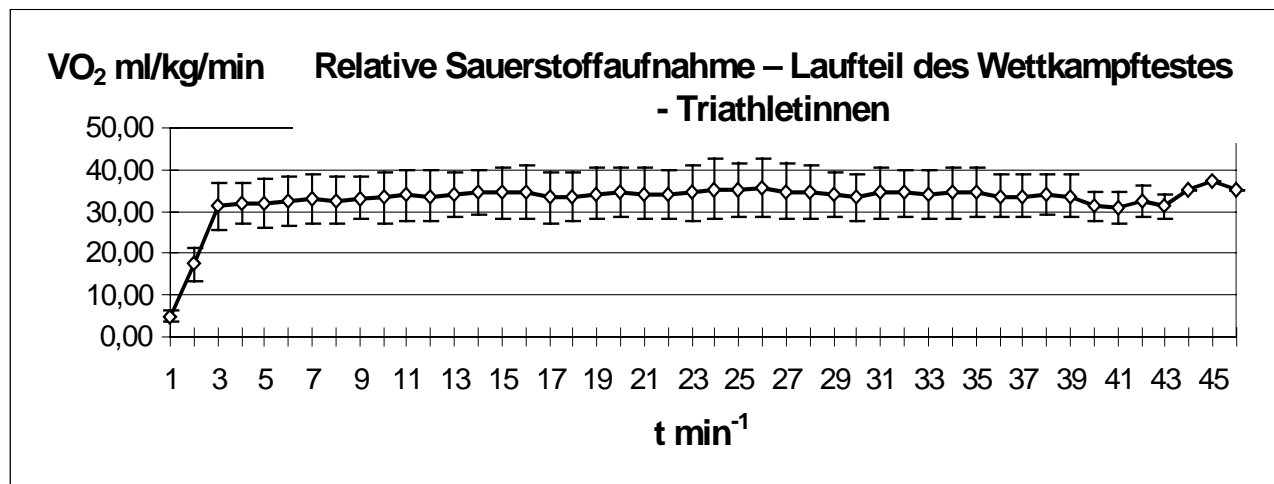


Abb. 28: Verhalten der **Relativen Sauerstoffaufnahme VO₂ ml/kg/min** ($M \pm 1s$) von Triathletinnen (n=8) beim Laufteil des Labor-Triathlon-Wettkampftestes und in der anschließenden 5minütigen Erholungsphase

3.2.7 SAUERSTOFFPULS (O₂/HF)

Die Verlaufskurve des **Sauerstoffpulses (O₂/Hf ml STPD)** der Triathletinnen beim sportartspezifischen Laborversuch auf dem Rennrad ist in der Abb.29 dargestellt.

Bereits in der 3. Minute wird ein mittlerer O₂-Puls von über **11ml** registriert.

Dieses Sauerstoffpulsniveau **zwischen 11 und 12 ml** blieb während des gesamten **Radteiles** weitgehend **konstant**.

Während der zunächst konstanten Belastung im 1. Teil der nun folgenden **Laufbandbelastung** registrierten wir Werte um **12 ml** (Abb.30).

Im **2. Laufteil** mit stufenförmiger Belastungssteigerung stieg der Sauerstoffpuls dann auf Werte bis **maximal 13,9 ± 1,7ml** bis zum Belastungsabbruch.

Damit lag er im Radteil um 6-7 ml , bzw. beim Laufen zwischen 4 und 6 ml unter dem Maximalwert der Fahrradspiroergometrie.

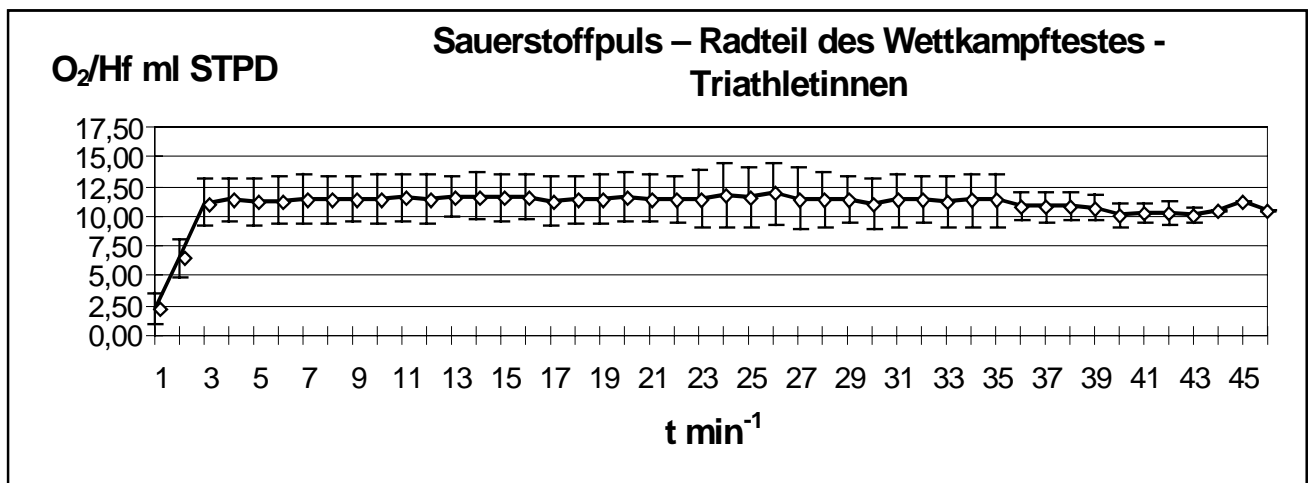


Abb. 29: Verhalten **des Sauerstoffpulses O₂/Hf ml STPD** ($M \pm 1s$) von Triathletinnen (n=8) beim Radteil des Labor-Triathlon-Wettkampftestes

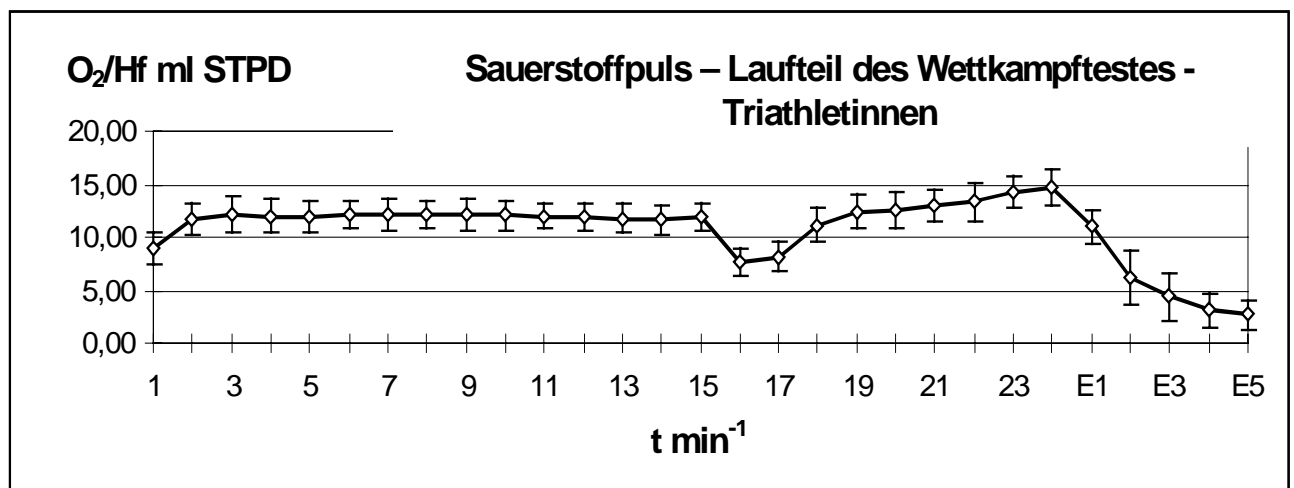


Abb. 30: Verhalten des **Sauerstoffpulses O₂/Hf ml STPD** ($M \pm 1s$) von Triathletinnen (n=8) beim Laufteil des Labor-Triathlon-Wettkampftestes und in der anschließenden 5minütigen Erholungsphase

3.2.8 PROZENTUALE KOHLENDIOXIDAUSSCHIEDUNG (VOL.%CO₂)

Die Abbildungen 31 und 32 zeigen die Verlaufskurven für die **prozentuale Kohlendioxidausscheidung (Vol.%CO₂)**.

Dabei fallen im **Radteil** des Wettkampftestes konstante Werte von **4,2 Vol.%** auf.

Beim **Laufen** liegen die Werte etwas niedriger bei **4,1 Vol.%**.

Der scheinbare Anstieg zum Belastungsende resultiert aus der höheren Werten der zu diesem Zeitpunkt noch im Test verbliebenen Probandinnen.

Der Mittelwert bei **Belastungsabbruch** (d.h. zum Zeitpunkt der individuellen Ausbelastung) lag ebenfalls bei $4,1 \pm 0,4 \text{ Vol.}\% \text{CO}_2$.

Dabei zeigten sich relativ **große interindividuelle Unterschiede** mit Meßwerten zwischen 3,6 und 4,9 Vol.%, wobei festzustellen ist, daß die länger im Test verbliebenen Sportlerinnen auch die höheren Werte der prozentualen Kohlendioxidelimination aufwiesen.

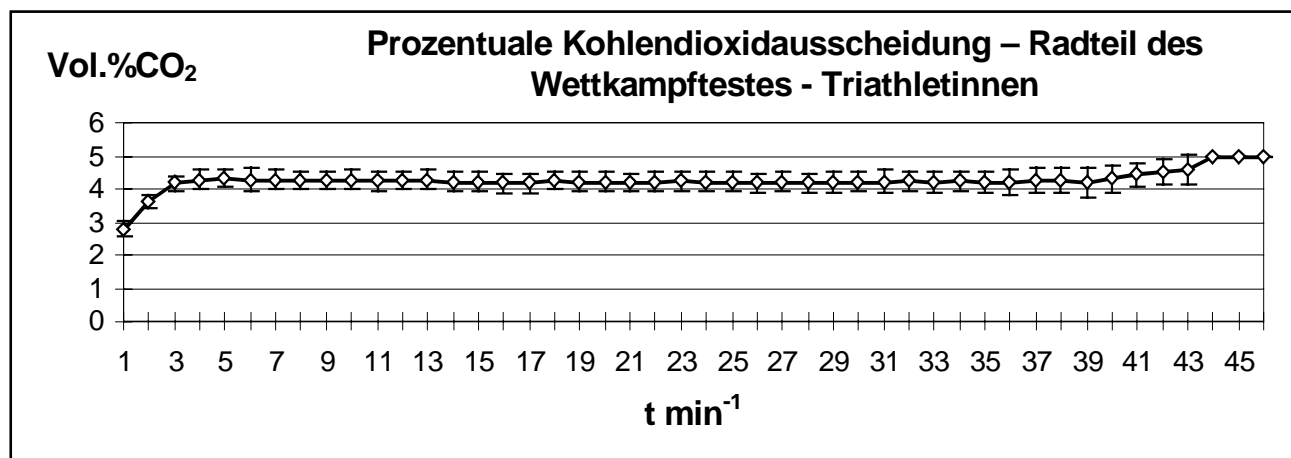


Abb.31: Verhalten der Prozentualen Kohlendioxidausscheidung Vol.%CO₂ (M ± 1s) von Triathletinnen (n=8) beim Radteil des Labor-Triathlon-Wettkampftestes

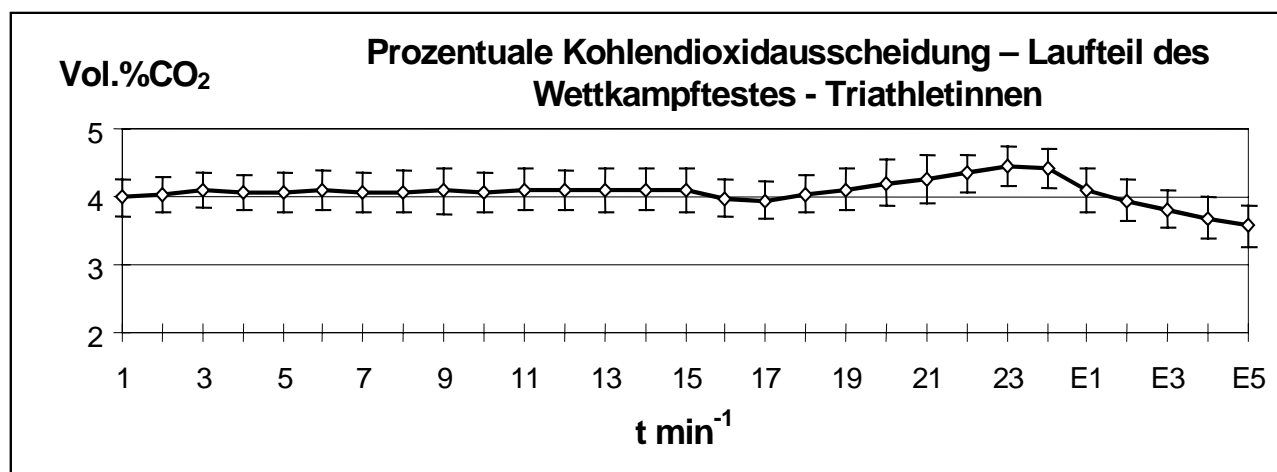


Abb. 32: Verhalten der Prozentualen Kohlendioxidausscheidung Vol.%CO₂ (M ± 1s) von Triathletinnen (n=8) beim Laufteil des Labor-Triathlon-Wettkampftestes und in der anschließenden 5minütigen Erholungsphase

3.2.9 ABSOLUTE KOHLENDIOXIDAUSSCHEIDUNG (VCO_2 ml/min STPD)

Die Verlaufskurven für die **Absolute Kohlendioxidausscheidung** über den gesamten Verlauf des Wettkampftestes sind in den Abbildungen 33 und 34 dargestellt.

Während des **Radfahrens** auf dem eigenen Rennrad registrierten wir nahezu konstante Werte von **1900 ml/min**.

Im folgenden **1. Laufabschnitt** (bei konstanter Belastung von 1,5 W/kg KG) lagen die Meßwerte der CO_2 -Ausscheidung bei **2000ml/min**.

Damit lagen die im Wettkampfsimulationstest erreichten Werte um 1700ml/min (im Radteil) bzw. 1600ml/min (im 1.Laufabschnitt) unter den Maximalwerten der Kohlendioxidelimination bei der Fahrradspiroergometrie.

Das entspricht prozentual ausgedrückt **53% im Radteil** bzw. **55% im 1. Laufabschnitt**.

Der **Maximalwert** wurde mit **2603 \pm 303,5ml/min** in der individuell letzten Belastungsminute des Laufteiles, d.h. der subjektiven Ausbelastung jeder einzelnen Probandin erzielt.

Dieser Wert entspricht **72%** des Maximums bei der Fahrradspiroergometrie.

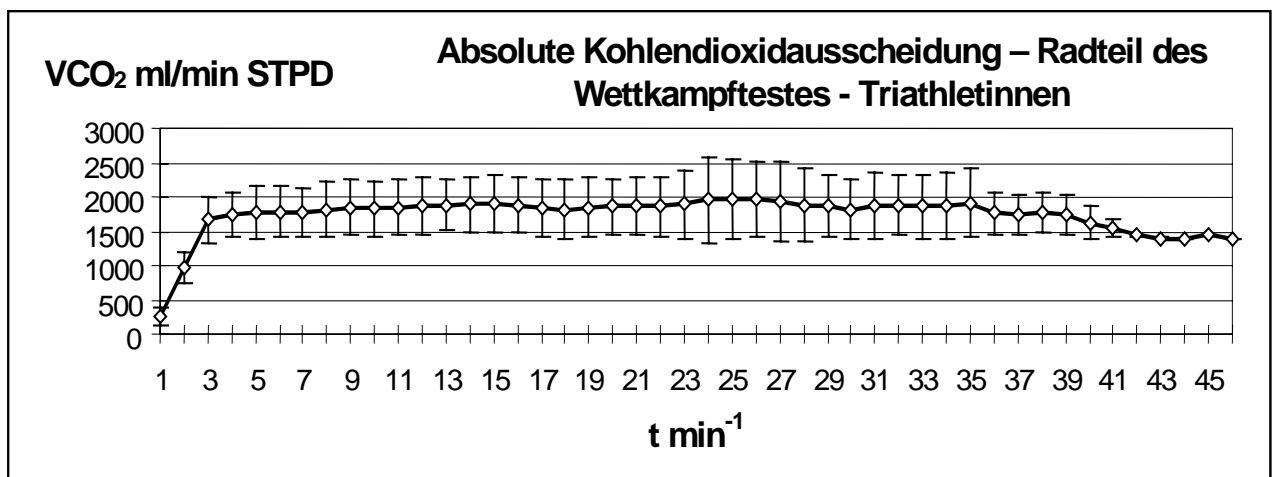


Abb.33: Verhalten der **Absoluten Kohlendioxidausscheidung VCO_2 ml/min** ($M \pm 1s$) von Triathletinnen ($n=8$) beim Radteil des Labor-Triathlon-Wettkampftestes

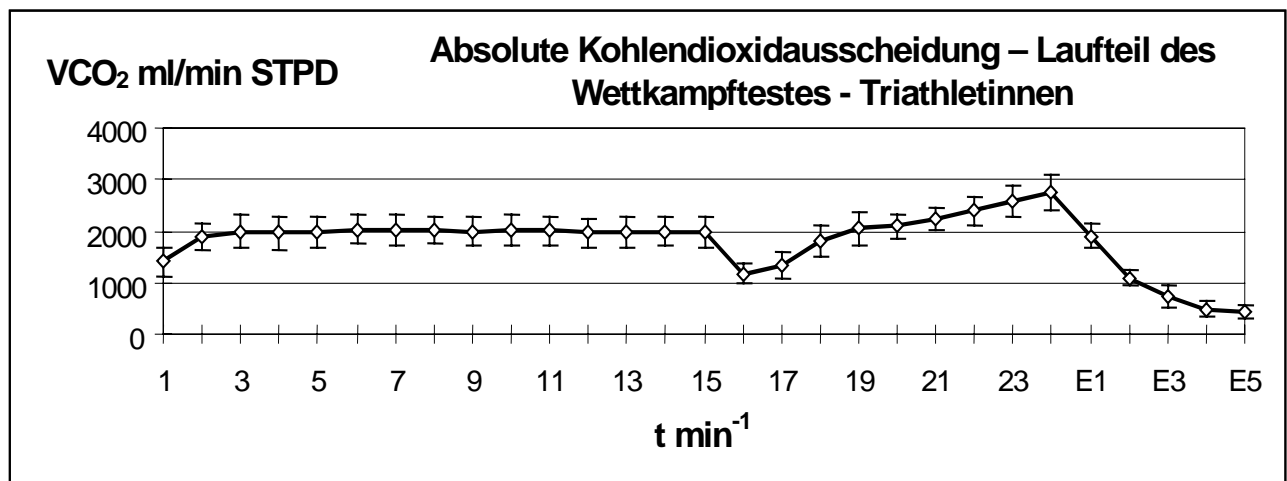


Abb.34: Verhalten der Absoluten Kohlendioxidausscheidung VCO_2 ml/min ($M \pm 1s$) von Triathletinnen ($n=8$) beim Laufteil des Labor-Triathlon-Wettkampftestes und in der anschließenden 5minütigen Erholungsphase

3.2.10 RESPIRATORISCHER QUOTIENT (VRQ)

Die Werte für den **Respiratorischen Quotienten** über den gesamten Testverlauf zeigen die Abbildungen 35 und 36.

Der VRQ lag unmittelbar nach dem Wechsel vom Schwimmen bei fast 1,0, was den hohen Anstrengungsgrad der Athletinnen schon bei diesem ersten Sportteil des Labor-Triathlon-Testes unterstreicht. Innerhalb der ersten 5 Radminuten fiel dann der VRQ auf Werte **um 0,94** ab und blieb bei diesem steady-state-Teil konstant.

Beim **Laufen** lagen die Werte zwischen **0,92 und 0,93** und stiegen zum Testende auf durchschnittlich **$0,98 \pm 0,06$** .

Der mittlere **Maximalwert** des VRQ wurde mit **$1,05 \pm 0,08$** in der 2. Erholungsminute erreicht.

Bei der **Fahrradspiroergometrie** hatte die kardiorespiratorische und metabolische Belastung – ausgewiesen durch einen Respiratorischen Quotienten von **1,08** in der **Erschöpfungsminute** - deutlich höher gelegen.

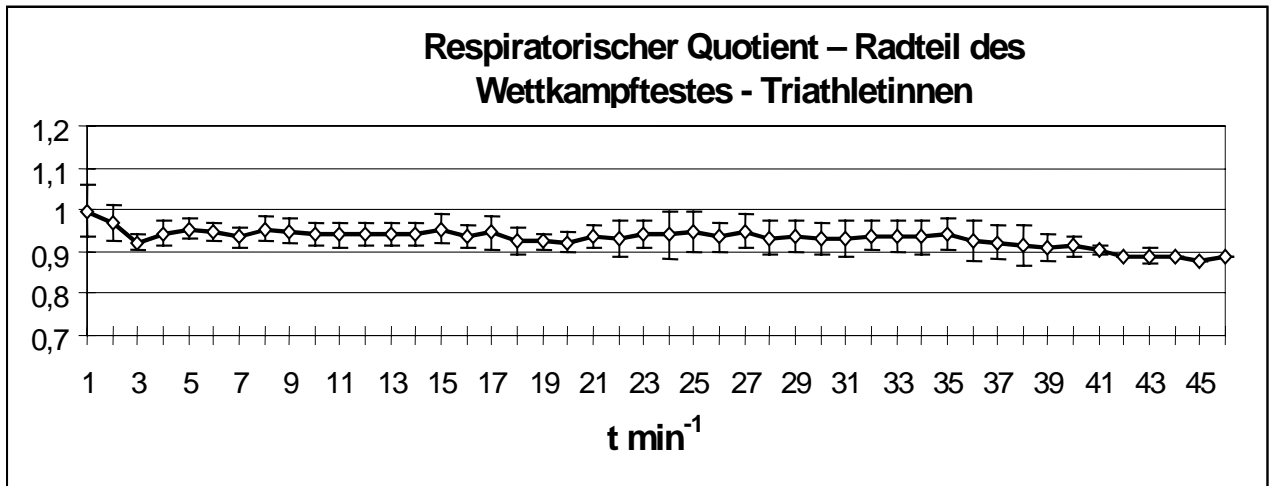


Abb. 35: Verhalten **des Respiratorischen Quotienten VRQ** ($M \pm 1s$) von Triathletinnen ($n=8$) beim Radteil des Labor-Triathlon-Wettkampftestes

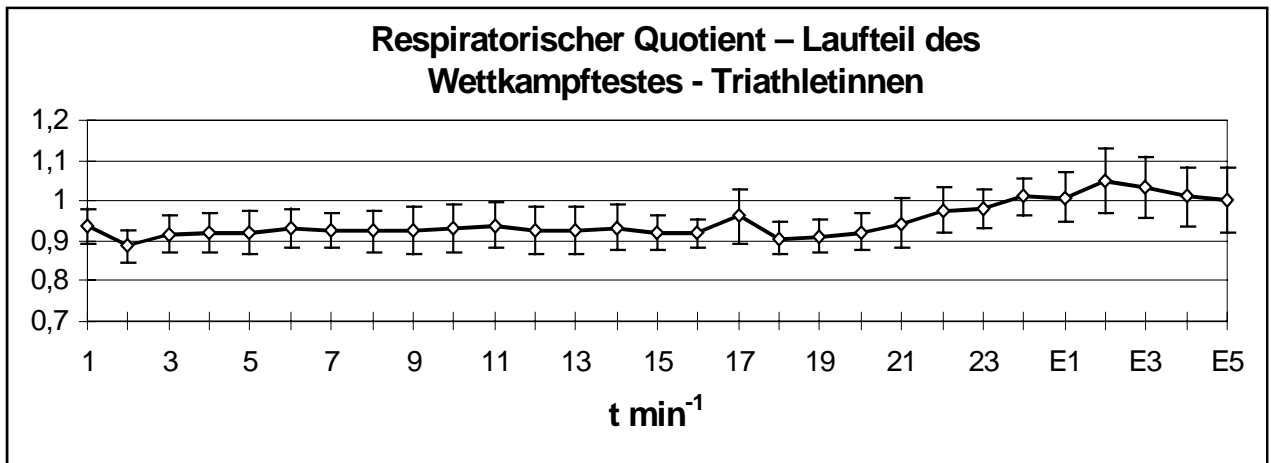


Abb. 36: Verhalten **des Respiratorischen Quotienten VRQ** ($M \pm 1s$) von Triathletinnen ($n=8$) beim Laufteil des Labor-Triathlon-Wettkampftestes und in der anschließenden 5minütigen Erholungsphase

3.2.11 ATEMÄQUIVALENT (AÄ)

Das **Atemäquivalent** betrug während des Radfahrens im Mittel **27** (Abb.37).

Damit lag es um 4 über dem niedrigsten während der Fahrradspiroergometrie erreichten Wert.

Ein echter Tiefpunkt im Sinne einer Ökonomisierung der Atmung konnte nicht beobachtet werden.

Auch während des folgenden Laufabschnittes auf dem Laufband fehlte dieser Ökonomisierungseffekt der Ventilation.

Das **AÄ** sank zwar von $29,0 \pm 2,3$ in der 1. auf $27,3 \pm 1,8$ in der 2. Laufminute, stieg dann aber sofort auf Werte von **28** wieder an (Abb.38).

Der Mittelwert des Atemäquivalentes zum Zeitpunkt des individuell verschiedenen **Belastungsabbruches** lag bei $29,4 \pm 2,6$, und somit annähernd in der Nähe des bei der Fahrradspiroergometrie erreichten AÄ-Wertes von $30,2 \pm 2,9$.

Der **Maximalwert des AÄ** wurde mit $34,9 \pm 3,1$ in der **5. Erholungsminute** gemessen.

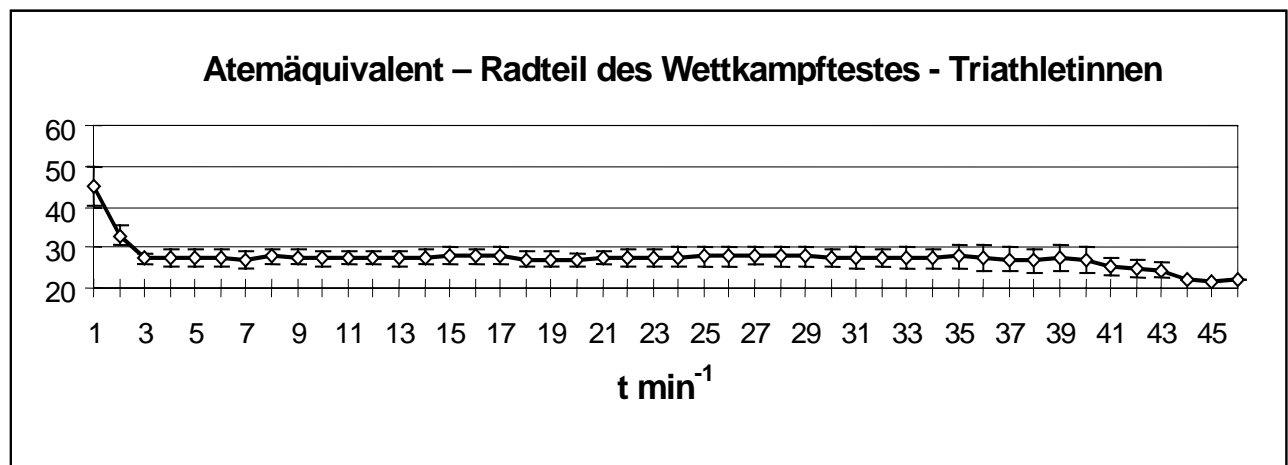


Abb.37: Verhalten **des Atemäquivalentes AÄ** ($M \pm 1s$) von Triathletinnen ($n=8$) beim Radteil des Labor-Triathlon-Wettkampftestes

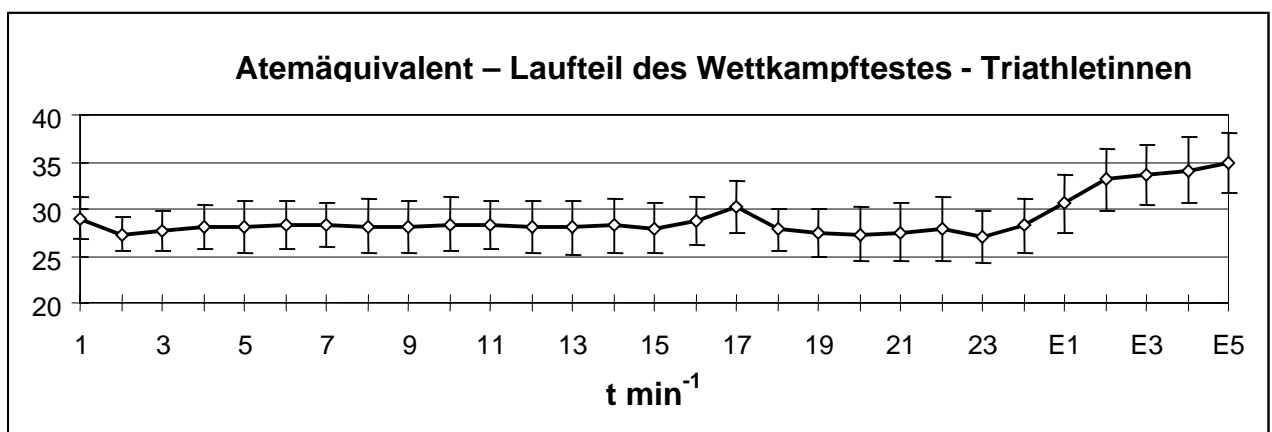


Abb.38: Verhalten **des Atemäquivalentes AÄ** ($M \pm 1s$) von Triathletinnen ($n=8$) beim Laufteil des Labor-Triathlon-Wettkampftestes und in der anschließenden 5minütigen Erholungsphase

3.2.12 LAKTAT

Die Abbildung 39 zeigt den Verlauf für die gemessenen Laktatwerte während des gesamten Labor-Triathlon-Wettkampftestes.

Die **Ruhewerte** für das **Laktat** lagen zwischen **1,33 und 1,88**, im Mittel bei **$1,64 \pm 0,17$ mmol/l**.

Ausgehend von diesem schon leicht erhöhten Vorstartwertes stieg das Laktat bis zum Ende des Schwimmens auf durchschnittlich **$6,58 \pm 1,69$ mmol/l**.

Während des **Radfahrens** konnten wir Werte zwischen **4,6 und 5,1 mmol/l** messen.

Der niedrigere Wert in der 40. Radminute mit $3,39 \pm 1,42$ resultiert aus den insgesamt niedrigeren Werten, der zu diesem Zeitpunkt noch im Test verbliebenen leistungsstärkeren Probandinnen.

Im **ersten Laufabschnitt** zeigten nur ganz **geringe Schwankungen** der Laktat-Mittelwerte.

Bei den einzelnen Sportlerinnen blieben die Werte jedoch nicht konstant, sondern sanken oder stiegen in unterschiedlichem Maße, je nach individueller Belastungssituation.

So lagen sie nach **15 Laufminuten zwischen 1,67 und 8,38 mmol/l**, was den unterschiedlichen Grad der momentanen individuellen metabolischen Belastung verdeutlicht.

Als **Maximalwerte** ermittelten wir in der **3. Erholungsminute $6,49 \pm 2,1$ mmol/l**, in der 10. Minute nach Belastungsabbruch waren die Laktatwerte auf durchschnittlich $5,02 \pm 1,8$ mmol/l zurückgegangen.

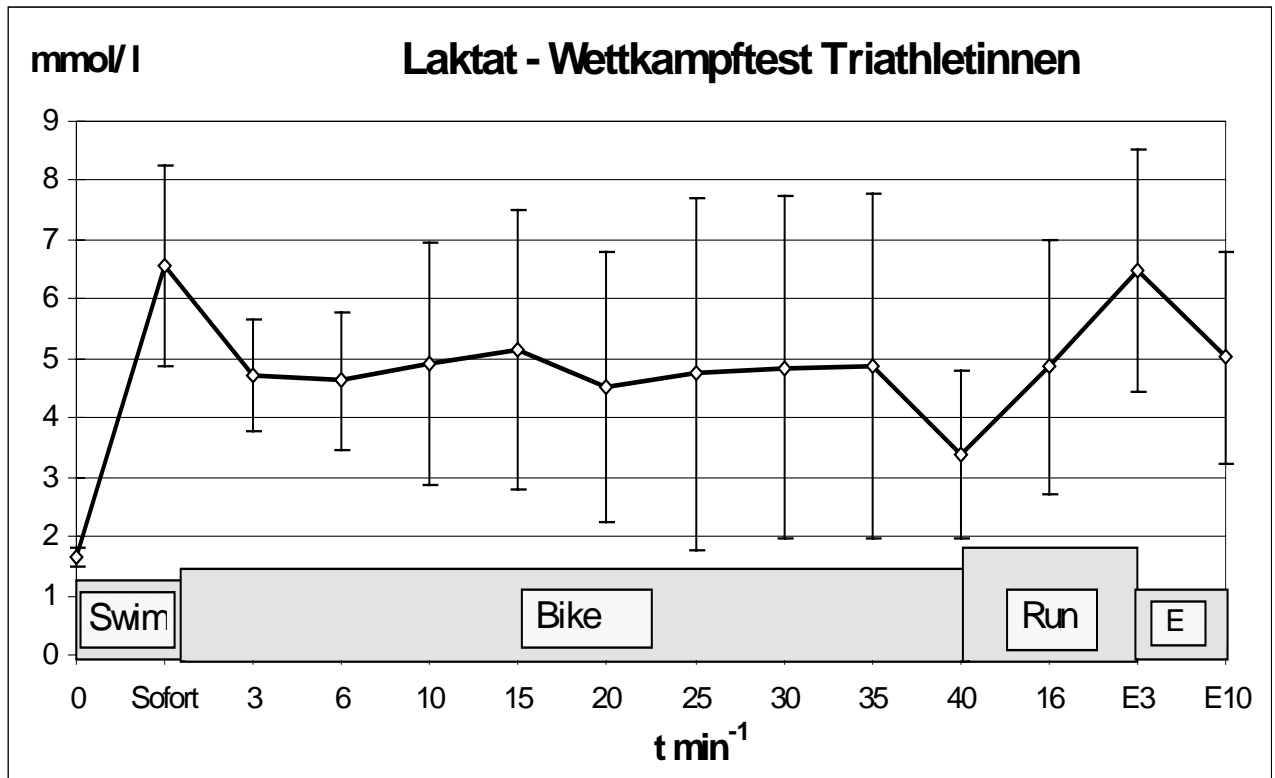


Abb. 39: Laktatwerte mmol/l ($M \pm 1s$) von Triathletinnen ($n=8$) beim Schwimm-, Rad- und Laufteil des Triathlon-Labor-Wettkampftestes und in der anschließenden 5minütigen Erholungsphase

Swim (0- Sofort) : Schwimmteil

Bike (3- 40) : Radteil

Run (16) : Laufteil

E (E3+ E10) : Erholung

3.2.13 ZEIT und GESCHWINDIGKEIT - SCHWIMMEN

Die **Schwimmzeiten** für die **600m** lange **Strecke** lagen zwischen **9:10** und **12:23 Minuten**. Damit liegen die Schwimmleistungen für den ersten Testabschnitt schon ziemlich weit auseinander.

Die ersten 50 Meter wurden mit einer Geschwindigkeit von 1,06 m/s am schnellsten geschwommen. Danach sank die Geschwindigkeit auf 0,92-0,93 m/s im mittleren Streckenabschnitt und stieg zum Ende der Schwimmstrecke nochmals leicht an, auf 0,95 m/s bei den letzten 50 Schwimm Metern (Abb.40).

Damit entspricht der Geschwindigkeitsverlauf im Test durchaus einem Verhalten beim Triathlon-Wettkampf mit Positionskämpfen am Start und Endspurt. Dies unterstreicht die hohe Motivation der Probandinnen auch beim Labortest.

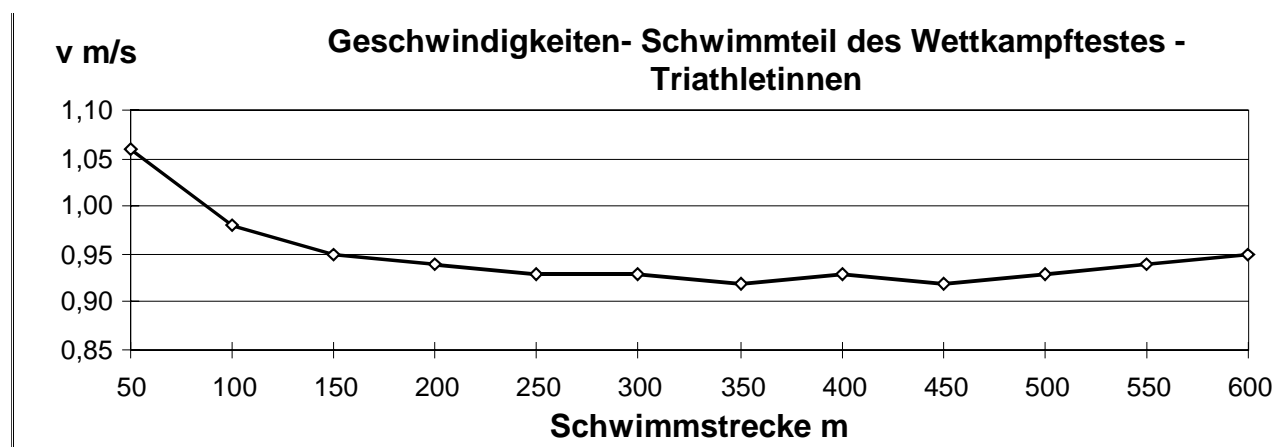


Abb.40: Verlauf der **Schwimmgeschwindigkeit** der Triathletinnen (n=8) während des 600m langen Schwimmabschnittes beim Labor-Triathlon-Wettkampftest

3.2.14 ZEIT, GESCHWINDIGKEIT und TRITTFREQUENZ - RADFAHREN

Die **Geschwindigkeit** während des **20 km** langen **Radfahrens** auf dem **eigenen Rennrad** stieg in den ersten 13 Minuten um ungefähr 1 km/h an und blieb dann relativ **konstant bei ca. 31 km/h** (Abb.41).

Es läßt sich feststellen, daß bei keiner Triathletin ein echter Einbruch zu verzeichnen war, was auf eine gute Selbsteinschätzung und genügend Wettkampferfahrung schließen läßt. Da die **erste Sportlerin** die zu fahrende Strecke nach **33:30 Minuten** bewältigt hatte und die **längste Radzeit 44:30 Minuten** betrug, fällt die Geschwindigkeit im Diagramm nach der 34. Minute ab.

Die **Durchschnittsgeschwindigkeiten** lagen zwischen **26,7 und 35,5 km/h**, das sind im **Mittel $30,54 \pm 2,5 \text{ km/h}$** . Dies liegt damit im Bereich der Rad-Wettkampfgeschwindigkeiten der einzelnen Athletinnen.

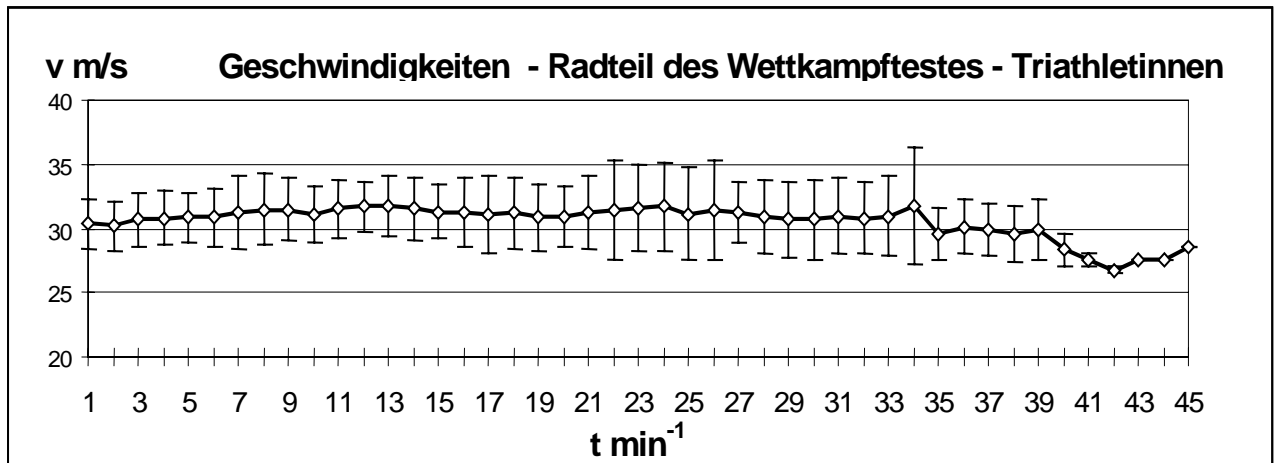


Abb.41: Verlauf der **Geschwindigkeiten beim Radfahren** der Triathletinnen (n=8) beim 20 km langen Radabschnitt des Labor-Triathlon-Wettkampftestes

Die **Trittfrequenzen** (Abb.42) lagen zwischen 90 und 100 U/min, im Durchschnitt zwischen 92 und 94 U/min während des gesamten Radteils. Von den meisten Sportlerinnen wurde zu Beginn nur eine individuell als optimal empfundene Übersetzung gewählt und diese bis zum Ende bei konstanter Trittfrequenz beibehalten. 2 Probandinnen änderten die Übersetzung während des Testes, hielten die Trittfrequenzen aber ebenfalls konstant.

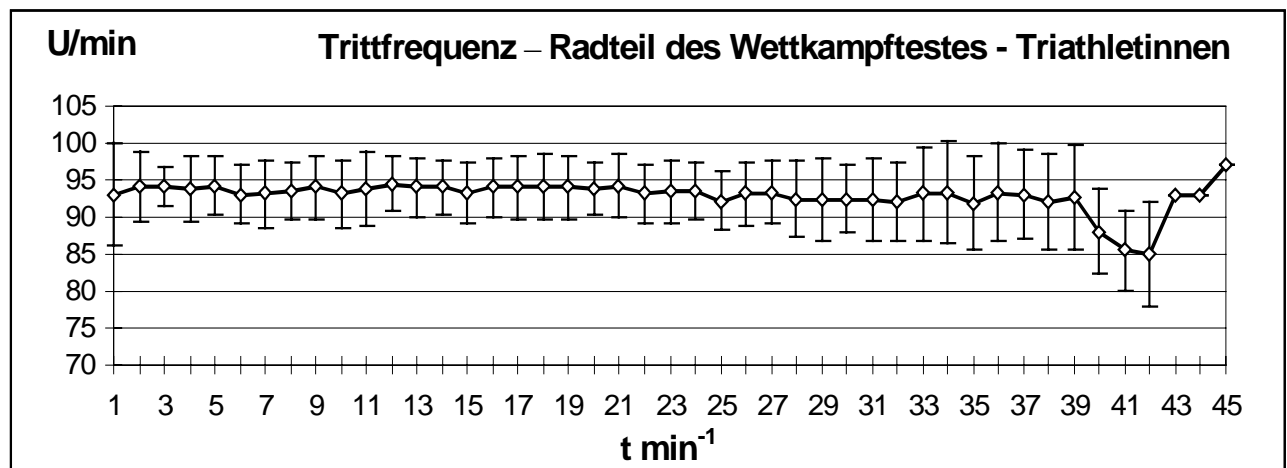


Abb.42: Verlauf der **Trittfrequenzen** beim Radfahren der Triathletinnen (n=8) beim 20 km langen Radabschnitt des Labor-Triathlon-Wettkampftestes

3.2.15 ZEIT - LAUFEN

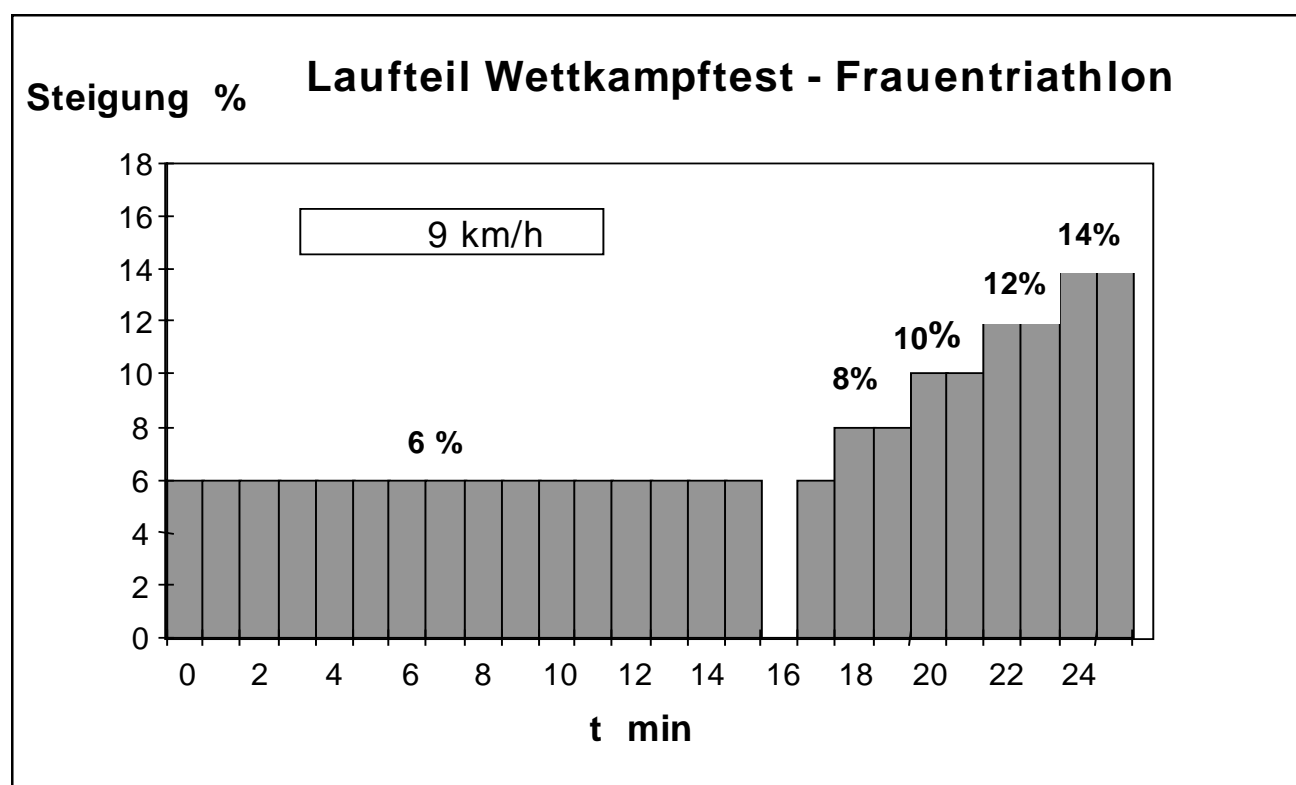
Die nachfolgende Tabelle zeigt, wie viele Probandinnen zum jeweiligen Zeitpunkt noch im Test verblieben waren. Daraus wird ersichtlich, daß **alle Probandinnen** die

Einstiegsbelastung von 9 km/h bei einer Steigung von 6% (entspricht 1,5 W/kg KG) über 15 Minuten **bewältigt** haben.

Im **2. Teil**, in dem die **Laufband-Belastung schrittweise erhöht** wurde, zeigen sich dann wieder Unterschiede (Tab.5).

So beendeten 2 Sportlerinnen den Test nach 3 weiteren Laufminuten - also nach 2 Minuten bei einer Steigung von 8%, 2 weitere erreichten 2 Minuten bei einer Steigung von 10% (also weitere 5 Laufminuten), 1 Sportlerin schaffte noch eine weitere Minute bei 12% Steigung.

4 Probandinnen liefen weitere 8 Minuten - entsprechend 1 Minute bei 14 % Steigung.



Minute	1	-	15	17	18	19	20	21	22	23	24
Belastung	6%	-	6%	6%	8%	8%	10%	10%	12%	12%	14%
Anzahl	8	-	8	8	8	8	6	6	5	4	4

Tab.5: Anzahl der Triathletinnen beim jeweiligen Laufabschnitt des Labor-Triathlon-Wettkampftestes

3.2.16 GEWICHTSVERÄNDERUNG

Die **Gewichtsabnahme** während des ca. 80minütigen Testes betrug 0,1 bis 1,7 kg, das sind im Mittel **0,8 ± 0,49kg**.

3.3 FELDSTUFENTEST - LAUF

Ziel dieses Tests war es, unter identischen Leistungsanforderungen, Beziehungen zwischen Laufgeschwindigkeit, Herzfrequenz und Laktatwerten darzustellen und diese Ergebnisse mit denen des Laufteiles im Triathlon-Test zu vergleichen.

Zur Berechnung der Herzfrequenzmittelwerte in den einzelnen Stufen wurden die Werte der jeweils 1. Minute außer Acht gelassen, da sie ansonsten die Mittelwerte zu niedrigeren Werten verfälscht hätten.

Weiterhin wurde eine Stufe erst dann als gelaufen gewertet und somit in die Berechnungen mit einbezogen, wenn mindestens $\frac{3}{4}$ der zu laufenden Strecke bewältigt worden.

Die folgende Tabelle 2 zeigt, wie viele Probandinnen sich in der jeweiligen Belastungsstufe befanden. Der Test war so angelegt, dass alle Triathletinnen die Strecke von 2000 m 4-6x bewältigen können sollten. Dieses Ziel wurde von allen Sportlerinnen erreicht.

Tab.5: Anzahl der Probandinnen in den einzelnen Belastungsstufen beim Feldstufentest-Lauf mit 2000 m Laufstrecke pro Belastungsstufe

Stufe	1	2	3	4	5	6
v m/s	2,78	3,06	3,33	3,61	3,89	4,17
v km/h	10	11	12	13	14	15
Probandinnen	9	9	9	9	7	2

Die Abbildung 43 verdeutlicht noch einmal das Prinzip des Feldstufentestes und zeigt gleichzeitig den Herzfrequenzverlauf im Test am Beispiel einer Probandin.

Dabei wird ersichtlich, dass die Herzfrequenzen zu Beginn einer Stufe leicht anstiegen, dann aber innerhalb der Stufe relativ konstant blieben.

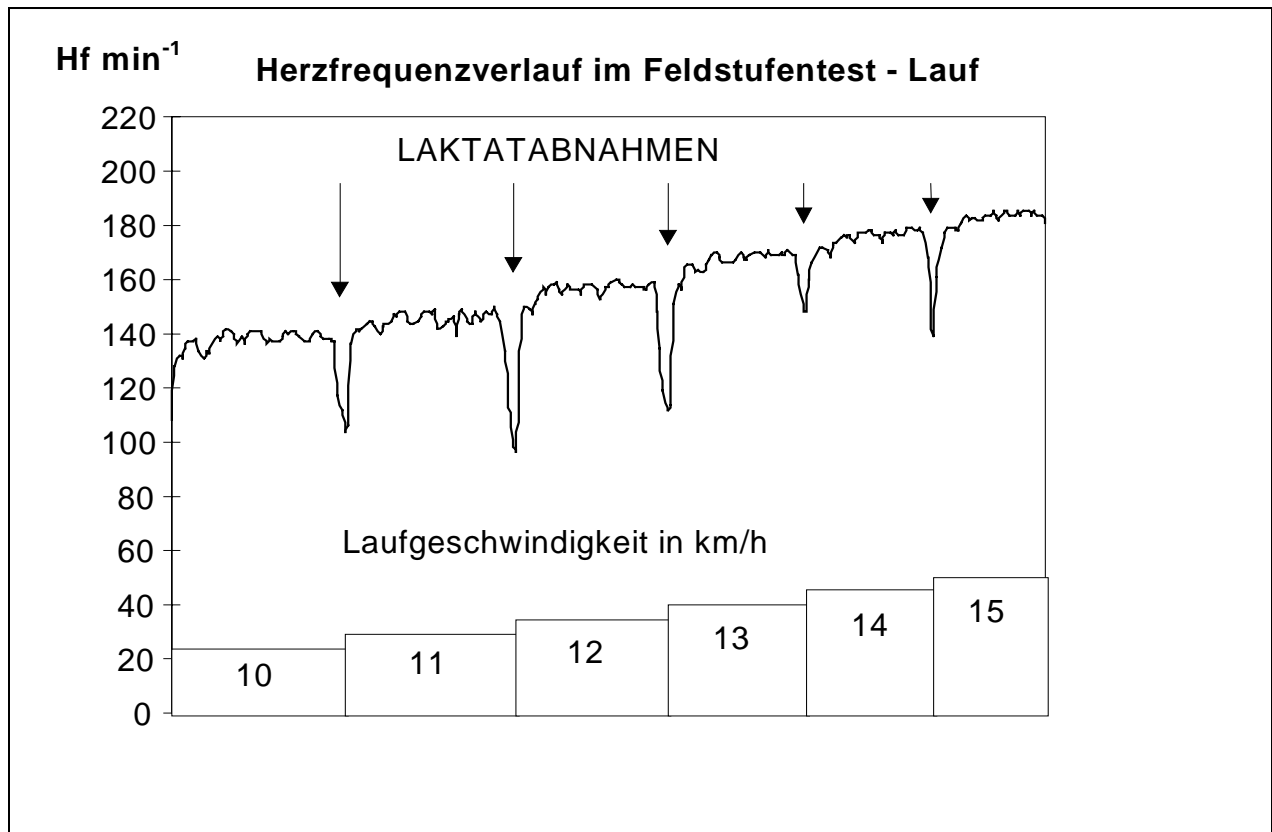


Abb.43: Herzfrequenzverlauf einer Probandin im Lauffeldtest mit markierten Laktatbestimmungszeitpunkten jeweils nach einer Belastungsstufe von 2000m

Die Abbildung 44 zeigt die gemittelten Herzfrequenzen und Laktatwerte ($M \pm 1s$) aller Triathletinnen.

Hier wird deutlich, dass die Zunahme der **Herzfrequenz** von Stufe zu Stufe mit steigender Laufgeschwindigkeit geringer wird.

So liegt sie in der 1. Stufe im Mittel bei 153 ± 10 und erreichte in der 4. Stufe (in der noch alle Probandinnen im Test waren) 185 ± 10 Schläge/min. In der 5. Stufe mit 7 verbliebenen Sportlerinnen lag die mittlere Herzfrequenz bei $190 \pm 8 \text{ min}^{-1}$, in der 6. Stufe (in der nur noch 2 Triathletinnen im Test waren) $191 \pm 8 \text{ min}^{-1}$. Der Mittelwert der maximalen Herzfrequenzen der 9 Athletinnen im Laufteil, berechnet aus der jeweils individuell letzten Stufe betrug $193 \pm 7 \text{ min}^{-1}$.

Der Vorstartwert des Laktats hatte bei $1,83 \pm 0,72 \text{ mmol/l}$ gelegen. Davon ausgehend stieg der Laktatwert in der 1. Stufe nur ganz leicht an und nahm in der 2. Stufe sogar noch einmal gering ab. Den steilsten Anstieg der Laktatwerte fanden wir zwischen der 3. und 4. Laufstufe, also in einem Bereich etwas unterhalb der Geschwindigkeit der 4. Stufe mit 13 km/h.

Unter Berücksichtigung der Empfehlungen von MADER 1976 würde man im gleichen Geschwindigkeitsbereich und bei einer Herzfrequenz von 182 Schlägen/min die anaerobe Schwelle von 4 mmol/l ansetzen.

Somit entspricht das Ergebnis der optischen Auswertung hinsichtlich des „maximalen Laktat-steady-state“ anhand des überproportionalen Laktatanstieges ziemlich genau dem Wert an der 4mmol-Schwelle nach MADER 1976.

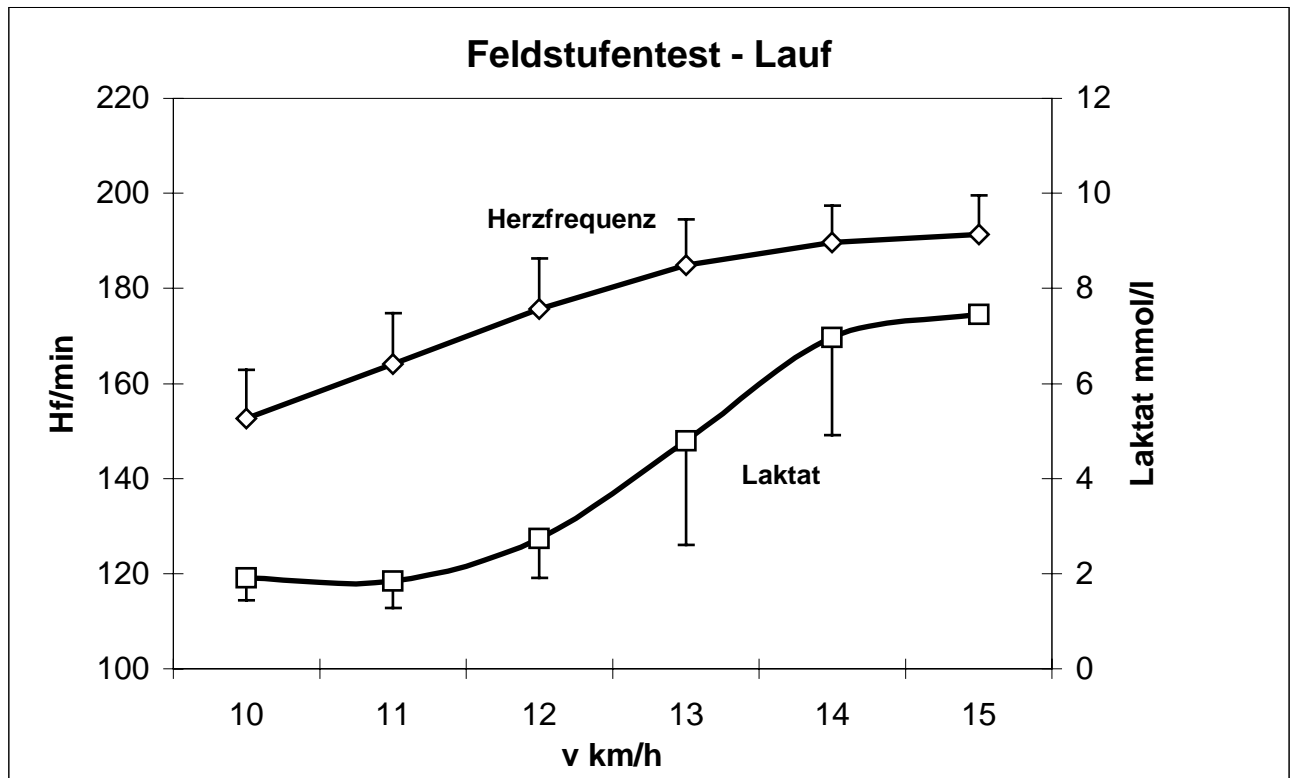


Abb.44: Laktat- und Herzfrequenzwerte mit Standardabweichungen im Feldstufentest - Lauf von Triathletinnen (n=9). Die obere Kurve (◇) zeigt den Verlauf der Herzfrequenzwerte, die untere (□) den der Laktatwerte.

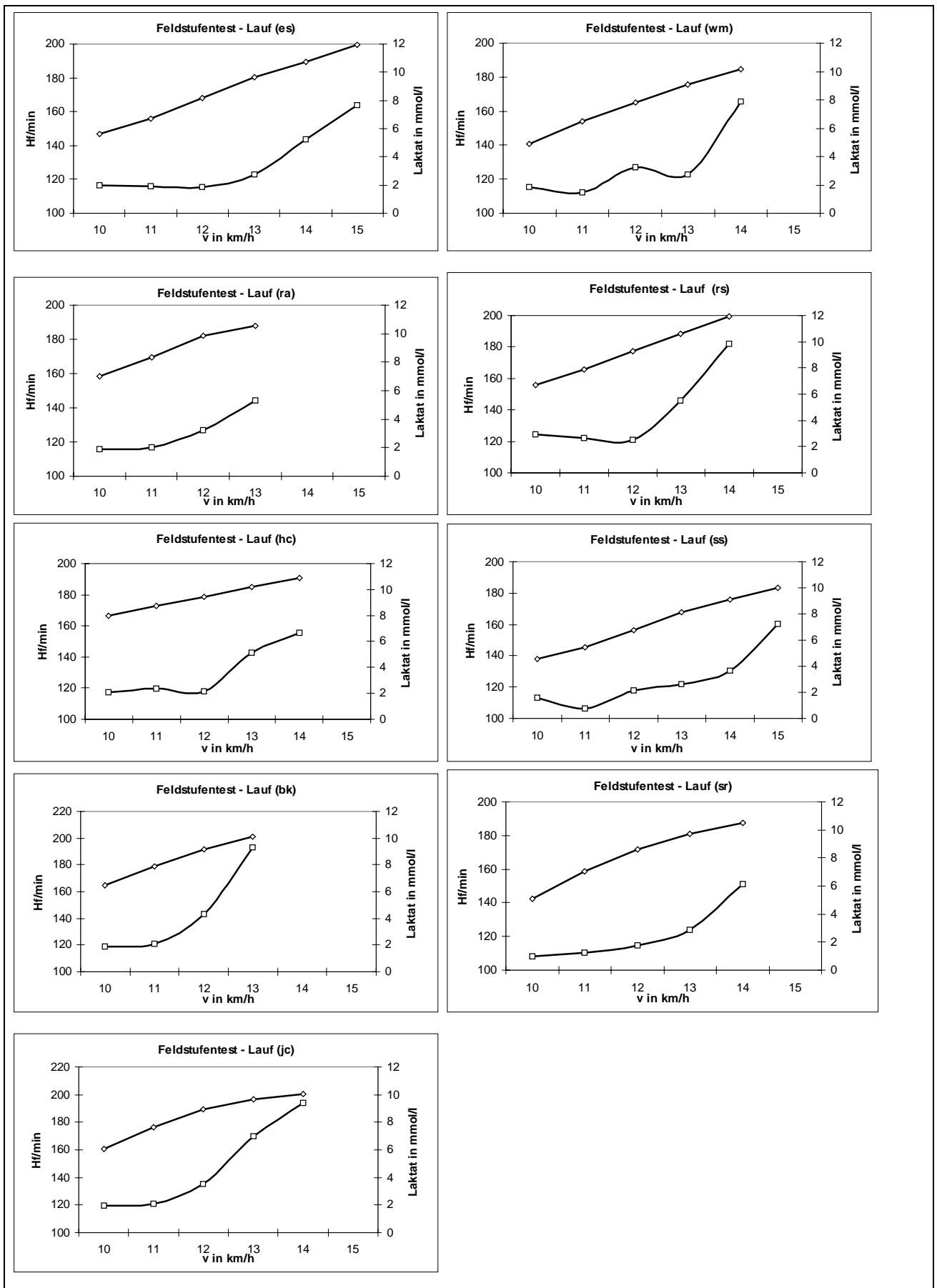


Abb.45: Individuelle Herzfrequenz- und Laktatkurven von 9 Triathletinnen beim erschöpfenden Lauf-Feldstufentest

Bei den Geschwindigkeiten von 14 km/h stiegen die Laktatwerte mit $7,0 \pm 2,1$ mmol/l (n=7) in den Bereich der mittleren Azidose. Diese wird mit einem Durchschnittswert von $7,5 \pm 0,2$ mmol/l (n=2) auch bei 15 km/h nicht überschritten.

Die Abbildung 45 zeigt für jede der Probandinnen den individuellen Verlauf der Herzfrequenz- und Laktatwerte und macht die doch sehr unterschiedlich gut ausgeprägte aerobe Kapazität der einzelnen Sportlerin anhand des individuellen aerob-anaeroben Übergangs deutlich.

4 DISKUSSION

4.1 Einschätzung der Leistungsfähigkeit der untersuchten Sportlerinnen

4.1.1 Körperliche Leistungsfähigkeit

Die Einschätzung der **sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit** auf der Grundlage einer maximalen Fahrradspiroergometrie kann nur annähernd und keineswegs qualifizierend im Sinne einer Wettkampfprognose sein. Darauf hat schon G.NEUMANN 1989, 1994 hingewiesen. Entsprechendes gilt nach den Untersuchungen von RÜB 1991 für die Triathleten.

Die Tabelle 6 zeigt einen Vorschlag von MEDAU, NOWACKI 1985 für eine frauenspezifische im Vergleich zu Männern **modifizierte Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit bei einer erschöpfenden Fahrradspiroergometrie nach dem 1W/kg KG - Verfahren.**

Tab.6: Vorschlag zur Leistungsbeurteilung – modifiziert für Frauen (MEDAU, NOWACKI 1985)

Leistung [W/kg]	Erschöpfungszeitpunkt [min]	Beurteilung ♀
1	1.	pathologisch
1	2.	pathologisch/Übergang leistungsschwach
2	3.	leistungsschwach
2	4.	ausreichende Leistung
3	5.	normal, untrainiert
3	6.	befriedigend trainiert
4	7.	gut trainiert
4	8.	sehr gut trainiert
5	9.	Hochleistungszustand

Nach dieser Einteilung können 9 unserer Probandinnen dem **Hochleistungsbereich** zugeordnet werden, 2 weitere dem **sehr gut trainierten** Bereich. Die **mittlere maximal erbrachte Leistung hatte $4,8 \pm 0,4$ Watt/kg KG** betragen.

Nach MEDAU, NOWACKI 1992 seien bisher nur wenige Sportlerinnen in der Lage gewesen, nach dem hier bewährten Belastungsverfahren eine Leistung von 5W/kg KG über 1 oder 2 Minuten erbringen zu können.

Die verbesserten Ausdauer-Kraft-Wettkampfleistungen, besonders im Triathlon, Skilanglauf, Straßenradrennsport, Rudern u.a., im abgelaufenen Jahrzehnt lassen vermuten, dass jetzt mehr Athletinnen bei dieser Testmethode den Hochleistungsbereich von 5 bis 6 W/kg KG erreichen würden.

Diese Tatsache unterstreicht die ausgezeichnete Leistungsfähigkeit unserer Probandinnen vor allem auch im Vergleich zur Leistungsfähigkeit von Sportlerinnen anderer Sportarten.

So fand N.S.NOWACKI 1998 bei **national sehr erfolgreichen Skilangläuferinnen** eine maximale relative Leistungsfähigkeit bei erschöpfender Belastung mit der gleichen Methode von **4,4 Watt/kg KG**.

Der Vergleich zu an anderen Instituten untersuchten Sportlerinnen ist aufgrund der Vielzahl der in Deutschland etablierten Belastungsverfahren leider nicht möglich, da die maximale Leistung in erheblichem Maße von der Belastungssteigerung und der Stufen- bzw. Gesamtbelastungsdauer beeinflusst wird. So ist nach ZHAO 1995 eine **maximale absolute Wattstufe** nur bei Belastungsschemata zu erreichen, bei denen die **Erschöpfung** in einem Zeitraum **zwischen 5 und 12 Minuten** einsetzt. Wird der subjektive Erschöpfungspunkt hingegen erst nach längerer Belastungsdauer erreicht, z.B. mit der fahrradergometrischen Belastungsmethode nach HOLLMANN - Beginn bei 30 Watt, Steigerung alle 3 Minuten um 40 Watt, können nicht mehr so hohe maximale Wattstufen erreicht werden. Ansonsten ist das Watt/kg KG-Verfahren für jedes ergometrische Belastungsverfahren zur Leistungsbeurteilung anwendbar.

HOTTENROTT 1990 ermittelte Werte der maximalen Wattstufe von Triathletinnen der **Juniorennationalmannschaft** bei einer erschöpfenden Fahrradergometrie (Stufentest mit Ausgangsbelastung 100 Watt und Steigerung um 10 Watt/30sec) mit durchschnittlich **266 ± 15 Watt**. Damit erhob er ähnliche Werte wie wir bei **unserer Untersuchung**, in der die **mittlere Maximalleistung 279 ± 33 Watt** betrug.

4.1.2 Kardiozirkulatorische Leistungsfähigkeit

4.1.2.1 Maximale Herzfrequenz

Die **Herzfrequenz** gehört zu den objektiven Ausbelastungskriterien. So liegt die maximale Herzfrequenz bei 20-30jährigen nach MELLEROWICZ 1975 bei ca. 195 Schlägen pro Minute.

MADER und LIESEN beschreiben 1976 das Phänomen, das Sportler sehr häufig die Belastung bereits auf submaximalen Stufen abbrechen. Gleiches könnte man bei unseren Probandinnen vermuten, bei denen die **mittlere maximale Herzfrequenz** bei **185 ± 9** lag. Ein weiterer Grund lässt sich in der Trainingsgestaltung von Triathleten annehmen, bei denen das Grundlagenausdauertraining den größten Teil des Gesamttrainings einnimmt und nur sehr selten im maximalen Leistungs- bzw. Herzfrequenzbereich trainiert wird (BREMER 1986).

In Übereinstimmung mit STRÄHLE 1982 und ROST 1982 kann als **generelle Richtlinie des Ausbelastungsgrades** erwachsener Leistungssportler folgendes Schema gelten:

Maximale Herzfrequenz **unter 180/ min** - keine vollständige Ausbelastung

180- 190/ min - mittlere Ausbelastung

190- 200/ min - hohe Ausbelastung

über 200/ min - sehr hohe Ausbelastung.

Dabei bleibt zu erwähnen, dass die ergometrisch erhobenen Werte deutlich unter den im Wettkampf erreichten liegen können (BACHL 1985, ZAPF u. Mitarb. 1991).

Weiterhin muss man davon ausgehen, dass es im **Verlaufe des Trainingsprozesses** der einzelnen Athletinnen bereits zu einer **ausdauertrainingsbedingten Zunahme der Herzgröße** gekommen ist, die zu einer **Erniedrigung der maximalen Herzfrequenz** führt. Über diesen Mechanismus kann die maximale Herzfrequenz um 2,5 bzw. 2 Schläge pro Minute bei einer Herzgrößenzunahme um 100 ml bzw. 1 ml/kg Körpergewicht sinken (ISRAEL 1982).

Zu einem identischen Ergebnis kam NOWACKI 1977 bei der leistungsmedizinischen Untersuchung deutscher Elite-Ruderinnen.

Im Vergleich zu anderen Untersuchungen an TriathletenInnen und Sportlern anderer Sportarten ergeben sich allerdings keine Differenzen, so dass man davon ausgehen kann,

dass unsere Probandinnen durch das angewandte Belastungsverfahren ausbelastet wurden. Entsprechende Vergleiche zeigen die Abbildungen 46 und 47.

Dabei sind in **Abbildung 46** zunächst die Mittelwerte der maximal erreichten Herzfrequenz während einer erschöpfenden Fahrradspiroergometrie im Sitzen nach der Gießener 1W/kg KG-Methode von **Sportlerinnen verschiedener Sportarten** miteinander verglichen. **Abbildung 47** vergleicht dann maximal erreichte Herzfrequenzen von **TriathletenInnen** bei verschiedenen Untersuchungen mit unterschiedlichen Belastungsschemata aus der Literatur.

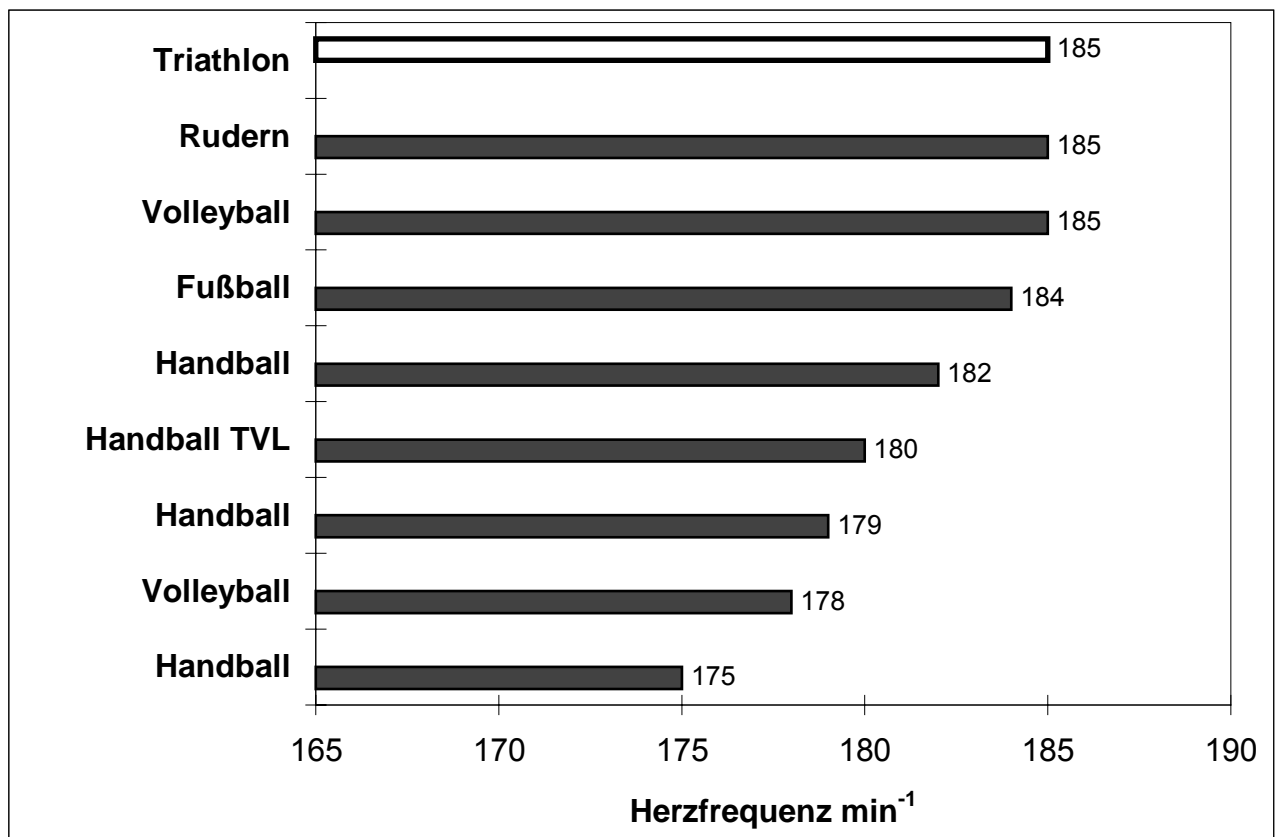


Abb.46: Maximale Herzfrequenzen von Sportlerinnen verschiedener Sportarten bei erschöpfender Fahrradspiroergometrie im Sitzen nach der 1 W/kg KG - Methode nach NOWACKI am Gießener Sportmedizinischen Institut
heller Balken = eigene Untersuchung

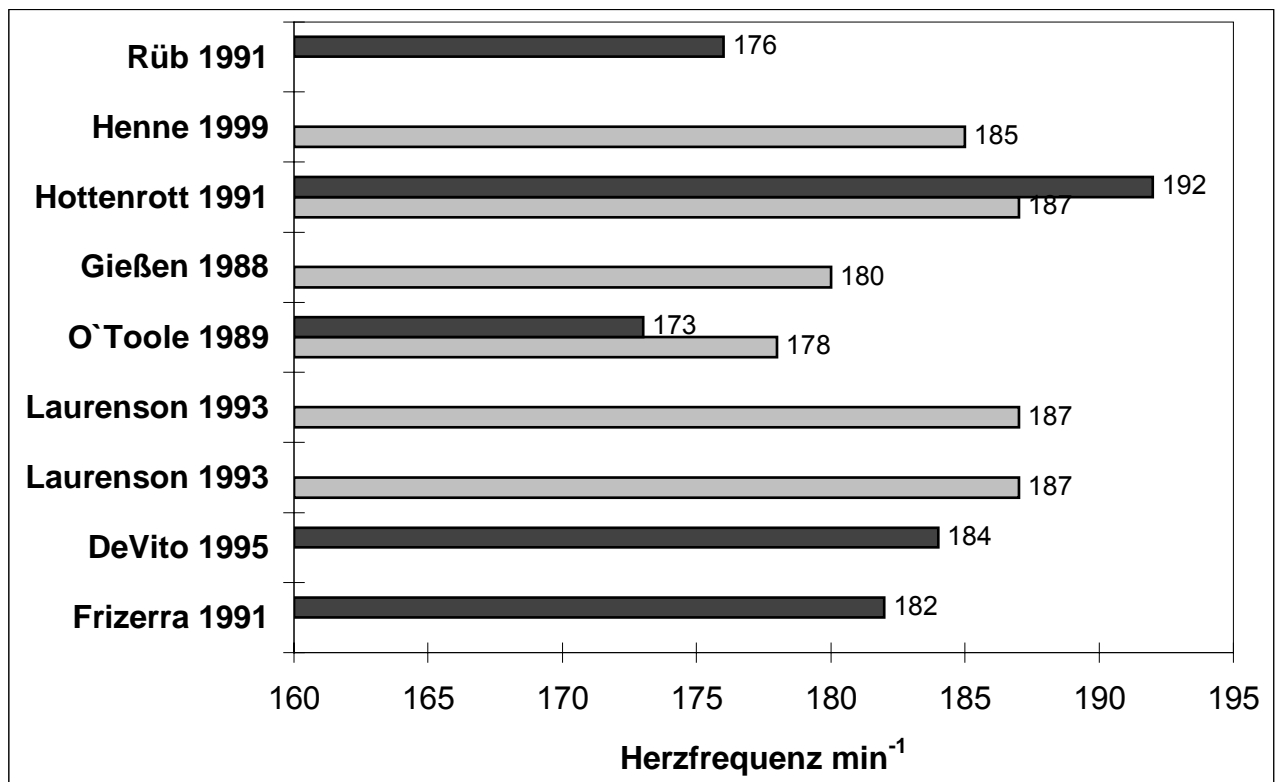


Abb.47: Maximale Herzfrequenzen von männlichen (dunkle Balken) und weiblichen (helle Balken) Triathleten bei Laboruntersuchungen verschiedener Arbeitskreise im Vergleich zur Giessener 1W/kg KG-Methode (RÜB 1991, HENNE 2001)

4.1.2.2 HERZFREQUENZ NACH 5 MINUTEN ERHOLUNG (HfE5)

Nach NOWACKI 1975 gilt für langfristig im Leistungssport trainierende Frauen folgendes Schema zur Einschätzung der Erholungsfähigkeit nach erschöpfender Fahrradspiroergometrie (Tab.7).

Diesen Empfehlungen ist auch ROST 1982 gefolgt, indem er nahezu identische Kriterien verwendete.

Tab.7: Richtwerte und Beurteilung der kardiozirkulatorischen Erholungsfähigkeit nach maximaler Ausbelastung auf der Grundlage der erreichten Herzschlagfrequenzen nach 5 Minuten Erholung (NOWACKI 1975)

Herzfrequenz	Beurteilung
> 130	schlecht
121 - 130	ausreichend
111 - 120	befriedigend
106 - 110	gut
100 - 105	sehr gut
< 100	Hochleistung

Nach dieser Beurteilungsvorgabe lassen sich unsere Probandinnen mit **durchschnittlich 105 Schlägen pro Minute am Ende der 5. Erholungsminute** dem **sehr guten kardiozirkulatorischen Regenerationsbereich** zuordnen.

Wie in den beiden folgenden Abbildungen (Abb. 48 und 49) zu erkennen, befinden sie sich auch im Verhältnis zu Sportlerinnen aus anderen Sportarten in einem besseren Bereich hinsichtlich der Herz-Kreislauf-Erholungsfähigkeit.

Abb.48 zeigt zunächst die Herzfrequenzen in der 5. Erholungsminute (HfE5) von Sportlerinnen verschiedener Sportarten im Vergleich zu den von uns untersuchten Triathletinnen, die alle am Sportmedizinischen Institut der Universität Gießen nach dem 1W/kg KG – Verfahren nach NOWACKI belastet worden sind.

Die sehr guten Erholungswerte der Volleyballspielerinnen sind eher auf eine unzureichende Ausbelastung als auf eine bessere Erholungsfähigkeit dieser Sportlerinnen zurückzuführen.

Die besonders international und national in den letzten Jahren erfolgreichen Handballspielerinnen des **TV Gießen-Lützellinden** (Trainer: Orthopäde Dr.med. H.-J.Gerlach, Internistisch-leistungsmedizinische Betreuung: Prof.Dr.med.P.E.Nowacki) wiesen mit einer **HfE5 von 98 Schlägen/min die beste kardiozirkulatorische Erholungsfähigkeit** auf.

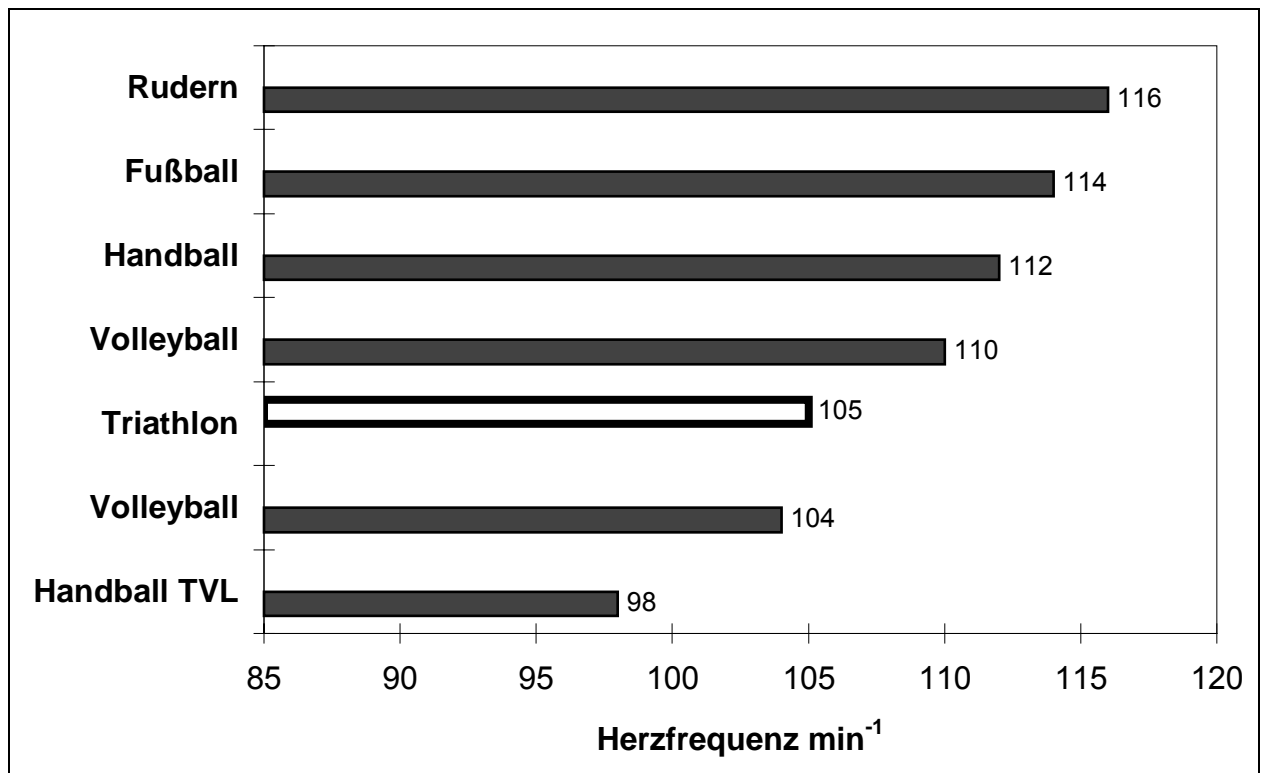


Abb.48: Herzfrequenzen in der 5. Erholungsminute nach einer erschöpfenden Fahrradspiroergometrie im Sitzen - 1 W/kg KG-Verfahren nach NOWACKI. Alle Untersuchungen am Sportmedizinischen Institut der Universität Gießen; heller Balken = eigene Untersuchung

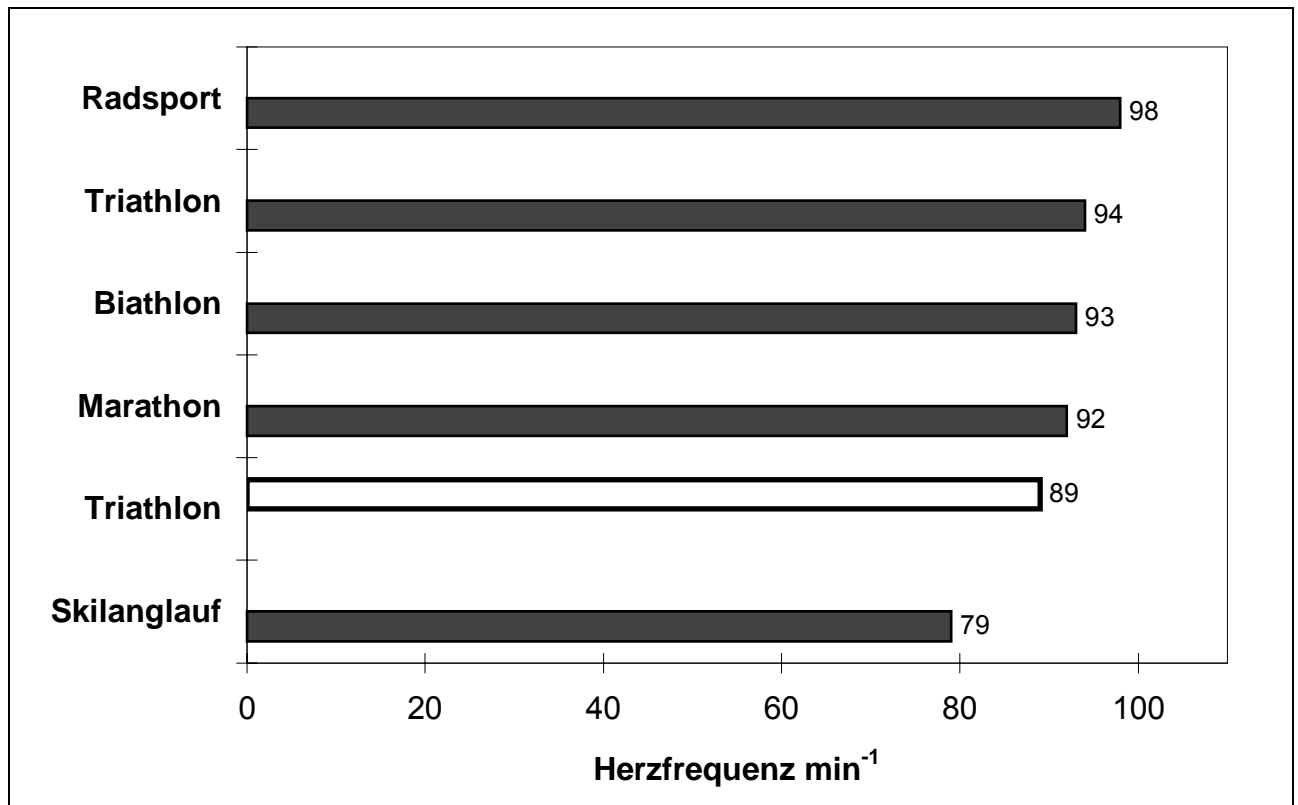


Abb.49: Herzfrequenzen in der 5. Erholungsminute nach einer erschöpfenden Fahrradspiroergometrie im Sitzen - 1 W/kg KG-Verfahren nach NOWACKI der leistungsstärksten Einzelsportlerinnen verschiedener Sportarten. Alle Untersuchungen am Sportmedizinischen Institut der Universität Gießen); heller Balken = eigene Untersuchung

Die Abb.49 vergleicht noch einmal einzelne Athletinnen aus verschiedenen Sportarten mit der jeweils besten kardiozirkulatorischen Erholungsfähigkeit nach einer erschöpfenden fahrradspiroergometrischen Ausbelastung (1W/kg KG) im Sitzen.

4.1.2.3 Maximale Sauerstoffaufnahme

Die maximale Sauerstoffaufnahme wird bei der spiroergometrischen Untersuchung als eine der wichtigsten Messgrößen betrachtet. NOWACKI 1977 interpretiert sie als **integralen Grenzwert der maximalen aeroben u n d anaeroben Kapazität**. Von anderen Autoren wird sie als **Bruttokriterium der kardiopulmonalen und metabolischen Leistungsfähigkeit** bezeichnet (HOLLMANN 1973, BACHL 1986). Beide Einschätzungen charakterisieren den Stellenwert dieser Messgröße hinsichtlich der Einschätzung der Ausdauerleistungsfähigkeit in der sportmedizinischen Diagnostik. Die Tabelle 8 zeigt die Normwertbereiche der gewichtsbezogenen maximalen

Sauerstoffaufnahme für Ausdauertrainierte beider Geschlechter zwischen dem 20. und 30. Lebensjahr nach BACHL 1986.

Tab.8: Beurteilungskriterien für die gewichtsbezogene maximale Sauerstoffaufnahme für ausdauertrainierte SportlerInnen zwischen dem 20.und 30. Lebensjahr nach BACHL 1986; Angaben in ml/kg/min

Beurteilung	Frauen	Männer
mäßig	44- 49	56- 62
gut	50- 56	63- 70
sehr gut	57- 63	71- 77
Höchstleistung	64- 72	78- 86

In der Tabelle 9 sind die Beurteilungskriterien für Mädchen und Frauen nach P.E.NOWACKI sowie für Jungen und Männer in der modifizierten Form von N.S. NOWACKI 1998 gegenübergestellt.

Tab.9: Beurteilungskriterien für die maximale relative Sauerstoffaufnahme $\text{VO}_2 \text{ ml STPD} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ von Männern und Frauen als Kriterium der Ausdauerleistungsfähigkeit nach P.E. und N.S. NOWACKI 1998

Frauen	$\text{VO}_2 \text{ ml/min/kg}$	Männer
„noch nicht erreicht“	81-92	Weltklasse
Weltklasse (+)	76-80	Übergang
Weltklasse (-)	71-75	Hochtrainiert
Übergang	66-70	Sehr gut trainiert (+)
Hochtrainiert	61-65	Sehr gut trainiert (-)
Übergang	56-60	Gut trainiert (+)
Sehr gut trainiert	51-55	Gut trainiert (-)
Gut trainiert	46-50	Befriedigend trainiert (+)
Befriedigend trainiert	41-45	Befriedigend trainiert (-)
Übergang	36-40	Untrainiert (+)
Untrainiert (+)	31-35	Untrainiert (-)
Untrainiert (-)	26-30	Leistungsschwach (+)
Leistungsschwach	21-25	Leistungsschwach (-)
Pathologisch	11-20	Pathologisch

Danach ließen sich **unsere Triathletinnen** mit im Mittel **57,9 ± 5,9 ml/kg/min** nach beiden Klassifizierungen (BACHL 1986, P.E. u. N.S.NOWACKI 1998) dem **sehr gut trainierten** Bereich zuordnen. 3 Probandinnen erreichten sogar den Hochleistungsbereich.

Im Vergleich zu anderen Sportarten zeigen sich bei unseren Probandinnen für ausdauerbetonte Sportarten typisch hohe Werte für die maximale Sauerstoffaufnahme.

In der folgenden Darstellung (Abb. 5) werden sie lediglich von den Ruderinnen übertroffen.

Spitzenwerte von Einzelsportlerinnen aus den Ausdauer-Kraft-Sportarten (z.B. Biathlon, Radsport, Skilanglauf) bzw. von erfolgreichen Marathonläuferinnen oder der **portugiesischen Olympiasiegerin** von Seoul 1988 mit **78,3 ml/min/kg** (MEDAU, NOWACKI 1992) konnten wir nicht messen, da die untersuchten Triathletinnen hinsichtlich des Trainingsumfanges dem Leistungs- nicht aber dem Hochleistungsbereich zuzuordnen sind (HOTTENROTT 1994).

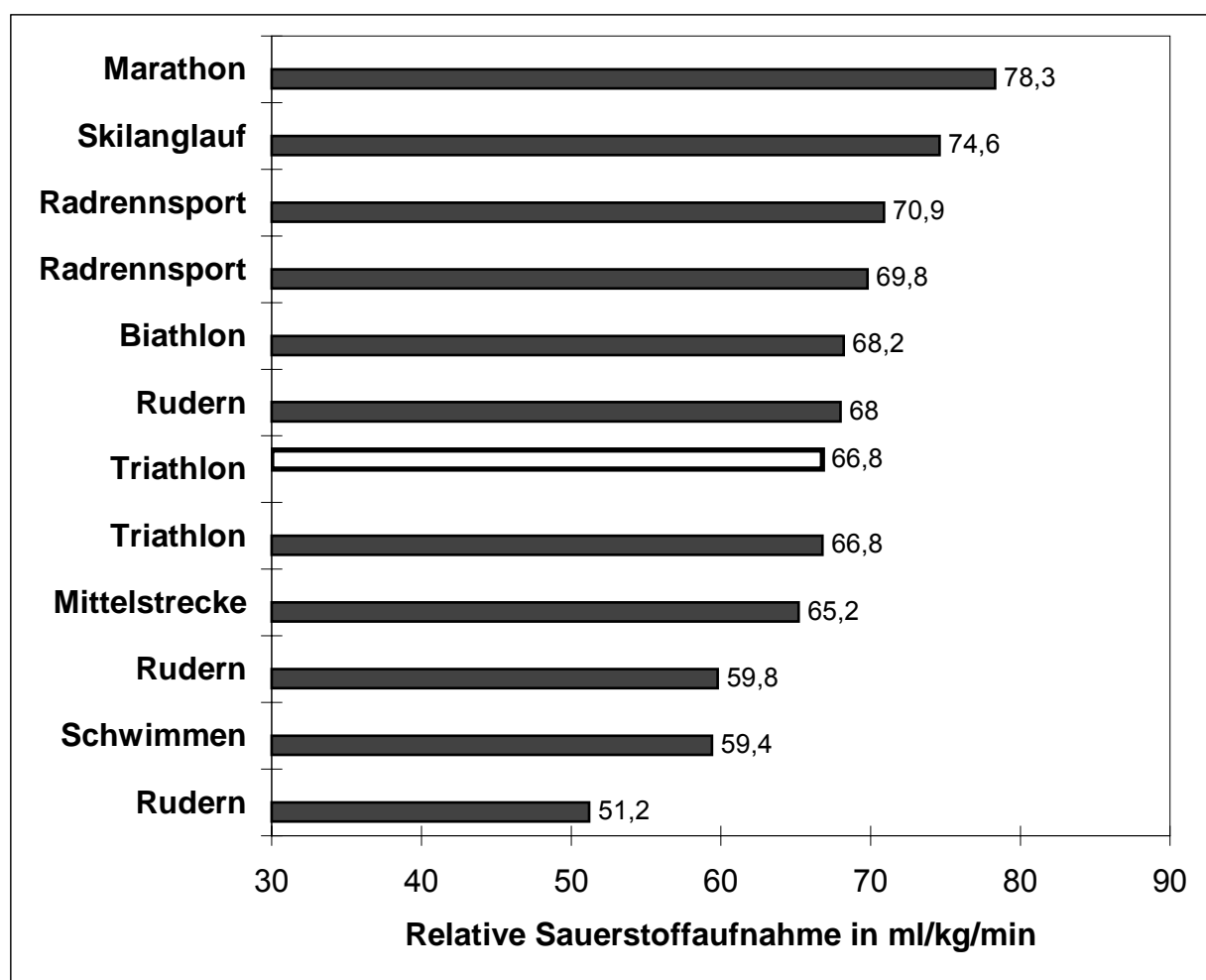


Abb.50: Maximale Sauerstoffaufnahme von Einzelsportlerinnen aus verschiedenen Sportarten bei der erschöpfenden Fahrradspiroergometrie im Sitzen nach dem 1 W/kg KG - Verfahren (MEDAU, NOWACKI 1992).

Heller Balken = eigene Untersuchung

Abbildung 51 zeigt noch einmal einen Vergleich der am Gießener Institut untersuchten Athletinnen verschiedener Sportarten. Dabei zeigt sich erneut die hervorragende kardiozirkulatorische Leistungsfähigkeit unserer Probandinnen.

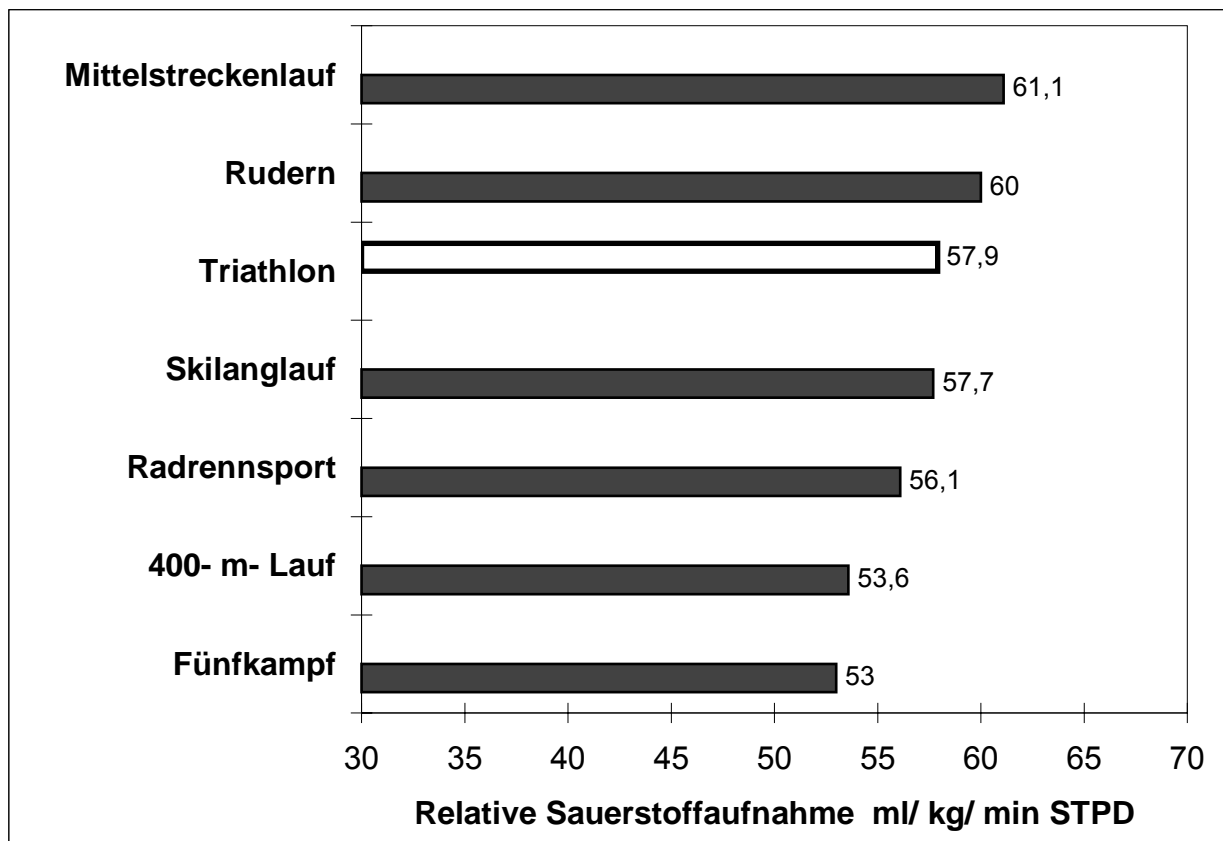


Abb.51: Maximale Sauerstoffaufnahme von Athletinnen verschiedener Sportarten bei der erschöpfenden Fahrradspiroergometrie nach dem 1 Watt/kg KG – Verfahren (MEDAU, NOWACKI, 1992).

Heller Balken = eigene Untersuchung

Wie der Tabelle 9 (P.E. und N.S.NOWACKI 1998) zu entnehmen, existieren geschlechtsspezifische Unterschiede zuungunsten der Frauen. Diese werden in der Literatur einheitlich mit 20-30 % angegeben (MELLEROWICZ 1979, ISRAEL 1982, HOLLMANN 1984, BACHL 1986, MEDAU, NOWACKI 1992).

Die folgende Abbildung zeigt eine Zusammenstellung von verschiedenen Untersuchungen an Triathleten und Triathletinnen. Zu beachten ist, dass die erhobenen Werte auf Untersuchungen mit unterschiedlichen Belastungsschemata beruhen und die Probanden hinsichtlich ihres Trainingsaufwandes bzw. ihrer Ausdauerleistungsfähigkeit nicht gleichzusetzen sind.

Einzig HOTTENROTT 1991 untersuchte mit einem identischen Belastungsprotokoll Sportlerinnen und Sportler auf den gleichen Leistungsstufen. Bei ihm wird der geschlechtsspezifische Unterschied somit wieder besonders deutlich.

Durch die Abb. 52 werden die von HOTTENROTT 1991 gefundenen Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Triathleten deutlich. Ebenso wird ersichtlich, dass unsere Probandinnen sich auf einem ähnlichen Leistungsniveau wie die von anderen Autoren untersuchten Triathletinnen befinden.

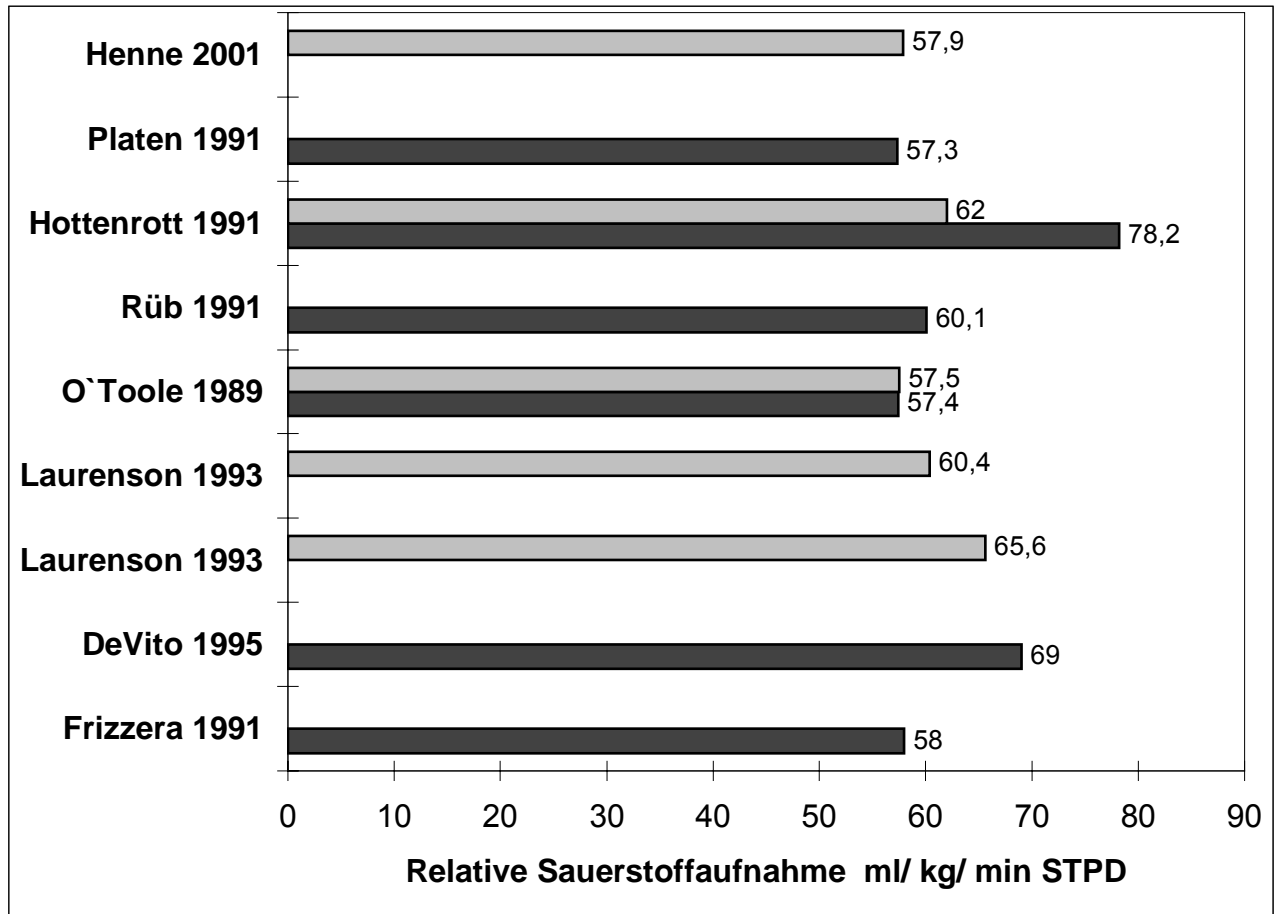


Abb.52: Gewichtsbezogene maximale Sauerstoffaufnahme von männlichen (dunkle Balken) und weiblichen (helle Balken) Triathleten bei Laboruntersuchungen verschiedener Arbeitskreise im Vergleich zur Giessener 1W/kg KG-Methode (RÜB 1991, HENNE 2001)

Zusammen mit den anderen spiroergometrisch erhobenen Messwerten bleibt festzustellen, dass die untersuchten Sportlerinnen dem sehr gut trainierten, teilweise dem Hochleistungsbereich hinsichtlich ihrer Ausdauerleistungsfähigkeit zuzuordnen sind.

4.2 Vergleichende Betrachtung der Ergebnisse der Fahrradspiroergometrie und des Triathlonlabortests mit dem Schwerpunkt geschlechtsspezifischer Besonderheiten

Im Folgenden sollen die Ergebnisse unserer Untersuchung mit denen einer von RÜB 1991 in Gießen an **männlichen Triathleten** durchgeführten Studie verglichen werden. Der **Testaufbau** beider Untersuchungen war für die **Spiroergometrie** (nach dem 1Watt/kg KG - Verfahren nach NOWACKI, 1977,1978,1983) identisch. Lediglich die Beurteilungskriterien zur Einschätzung des Trainingszustandes wurden **frauenspezifisch** nach den Richtlinien von MEDAU, NOWACKI 1984 angewandt.

Im **Triathlon**test unterschied sich einzig die Belastungswahl im **Laufteil**. Im Unterschied zu den Männern, die mit einer Geschwindigkeit von 12 km/h und einer Steigung von 4,5% begannen (entsprechend 1,5 Watt/kg KG), hatten unsere Probandinnen bei einer Geschwindigkeit von 9 km/h zunächst eine Steigung von 6% zu bewältigen.

Auch diese Form der Laufbandbelastung entspricht einer Leistung von 1,5 Watt/kg KG (NOWACKI 1983, STAADEN 1980, WETTICH 1980, ZIMMER 1982).

Im 2. Laufteil wurde die Belastung in beiden Gruppen alle 2 Minuten um $\frac{1}{2}$ Watt/kg KG gesteigert. Mit der niedrigeren Geschwindigkeit für die Frauen wurden wir den Verhältnissen im Wettkampf besser gerecht.

4.2.1 Fahrradspiroergometrie im Sitzen

4.2.1.1 Herzfrequenz

Während der erschöpfenden Fahrradspiroergometrie lagen die Herzfrequenzwerte der weiblichen Probandinnen in allen Belastungsstufen um 10 - 15 Schläge pro Minute höher als die der Männer (Abb.53).

In der Erholungsphase sind die Unterschiede geringer, so daß man von einer ähnlich guten Erholungsfähigkeit der Frauen trotz etwas höherer Werte in der Leistungsphase ausgehen kann. Die Maximalwerte der Herzfrequenz lagen bei den Frauen mit 186 ± 9 gegenüber 176 ± 9 Schlägen pro Minute bei den Männern deutlich höher ($p < 0,01$) und unterschieden sich damit statistisch sehr signifikant ($++$). Dieses Ergebnis entspricht Angaben in der Literatur, wonach bei Frauen von um etwa 10 Schlägen pro Minute höheren Herzfrequenzwerten bei Belastung auszugehen ist (HOTTENROTT 1994).

Die Erklärung für die höheren Herzfrequenzen der Frauen, vor allem während körperlicher Belastung ist nach ASTRAND 1960 das **kleinere submaximale und maximale Schlagvolumen**.

Submaximale Belastungen werden von Männern kardial reaktionsärmer toleriert als von Frauen, da bei ihnen insbesondere die **Kapazitätskriterien** der Herzfunktion durch Training verbessert werden. Dafür kommt es bei Frauen zu einer stärkeren Auswirkung im Sinne der **Rationalisierung** der Herzfunktion, die sich insbesondere durch in Ruhe nachweisbare Effektivitätskriterien nachweisen lässt.

Die Adaptationsfähigkeit des weiblichen Herzens ist also nicht geringer, sondern greift in einem anderen Funktionsbereich als beim männlichen Sportler.

In der Praxis bedeutet dies **niedrigere Ruheherzfrequenzen für Frauen**, andererseits in **vergleichbaren submaximalen und maximalen Belastungsbereichen niedrigere Werte für die Männer**.

So kommt es bei Frauen bei einer Herzvergrößerung um 100 ml zu einer Abnahme der Ruheherzfrequenz um 4,4/min, bei Männern sind es hingegen nur 3,2 Schläge/min weniger (MEDAU und NOWACKI 1992).

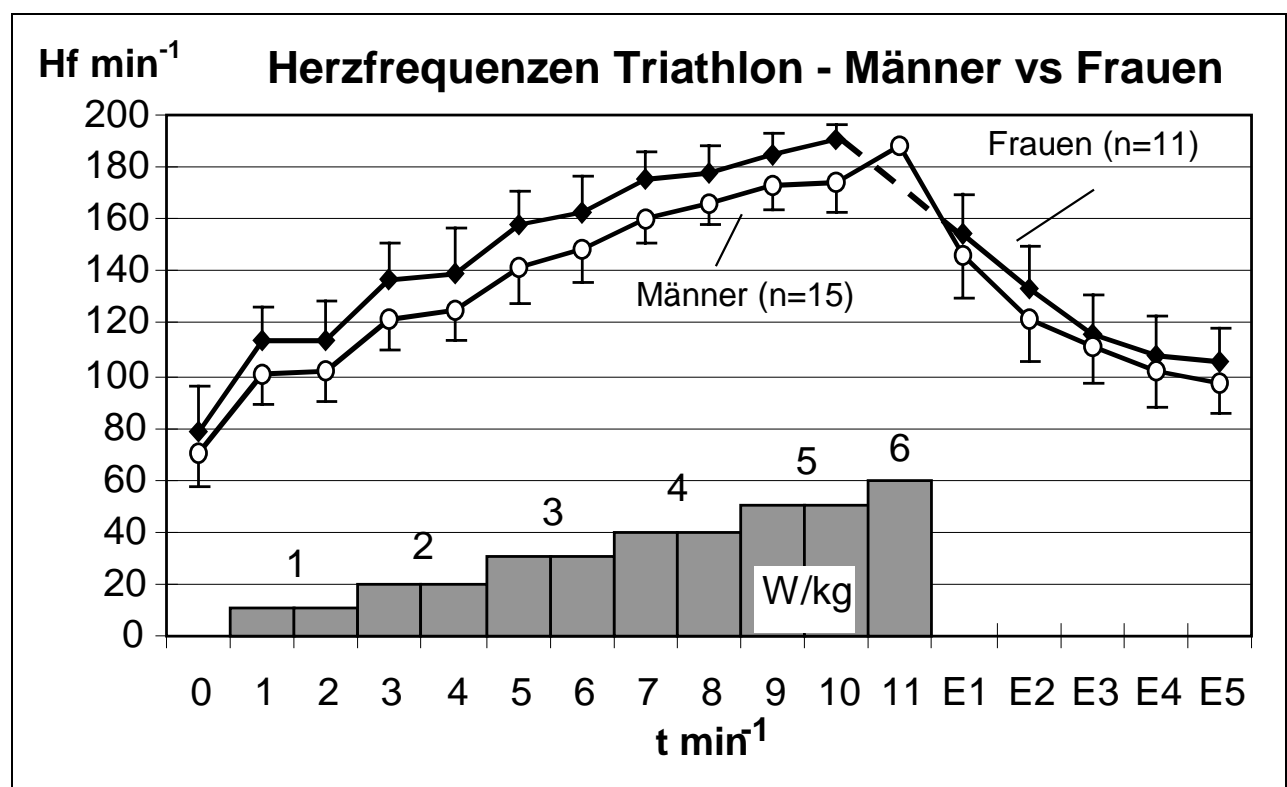


Abb.53: Mittelwerte und Standardabweichungen ($M \pm 1s$) der **Herzfrequenzen** vor, während und nach einer erschöpfenden Fahrradspiroergometrie im Sitzen nach dem 1 Watt/kg KG – Verfahren bei männlichen und weiblichen Triathleten

4.2.1.2 Relative Sauerstoffaufnahme

Der Maximalwert für die relative Sauerstoffaufnahme lag bei den Triathleten mit **$60,1 \pm 8,5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$** nur unwesentlich über dem von den Triathletinnen erreichten Wert von **$57,9 \pm 5,9 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPD}$** .

Statistisch betrachtet ist dieser Unterschied mit **$p > 0,05$ nicht signifikant (-)** und liegt damit weit unter dem in der Literatur beschriebenen geschlechtsspezifischen Unterschied von ca. 20 % (ASTRAND 1952, NÖCKER und BÖHLAU 1976, NOWACKI 1983, HOLLMANN 1984).

Dieser Unterschied soll nach HOLLMANN 1961 dadurch zustande kommen, daß die Herzgröße bei Frauen geringer trainierbar ist als bei Männern. Da zwischen Herzgröße und maximaler Sauerstoffaufnahme eine positive Korrelation besteht, fällt auch der trainingsinduzierte Zuwachs der Sauerstoffaufnahme geringer aus.

Bezieht man den Maximalwert für die Sauerstoffaufnahme auf die fettfreie Körpermasse, sinkt der Unterschied allerdings von 23 auf 11% (HOLMGREN 1967).

Warum der Unterschied bei den von uns untersuchten SportlerInnen mit nur 4% so gering ausfällt, läßt sich nicht endgültig klären.

Aus dem Trainingsaufwand und dem Zeitpunkt der Untersuchung (jeweils in der Wettkampfperiode) läßt sich auf keine diesen Befund erklärende Unterschiede schließen. Auch ASTRAND 1952 und O'TOOLE 1989 konnten bei einer Untersuchung an männlichen und weiblichen Sportlern keine signifikanten Unterschiede in der $\text{VO}_{2\text{max}}$ finden.

Es liegt der Verdacht nahe, daß der geschlechtsspezifische Unterschied bei Ausdauersportlern geringer ausfällt bzw. aufgehoben wird.

Bei der Durchsicht der bei den männlichen Triathleten erhobenen Daten fällt auf, daß ein Triathlet mit nur $41 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPS}$ maximaler Sauerstoffaufnahme weit unter dem Mittelwert der Männergruppe liegt. Daraus läßt sich vermuten, daß dieser Proband den Mittelwert nach unten verfälschte, zumal auch die Standardabweichung mit $8,5 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1} \text{ STPS}$ sehr hoch ausfällt.

Aus dem Trainingsaufwand und dem Zeitpunkt der Untersuchung (jeweils in der Wettkampfperiode) läßt sich keine Erklärung für diesen Befund schließen.

4.2.2 Triathlonlabortest

4.2.2.1 Einzelzeiten

Schwimmen

Die **Schwimmzeiten** der Frauen liegen für die 600m lange Strecke im Mittel um 36s über denen der Männer. Betrachtet man die durchschnittliche Geschwindigkeit, so liegt diese für die **Männer** bei $1,02 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ und für die **Frauen** bei $0,95 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Prozentual ausgedrückt erbrachten die **Frauen** damit eine **Leistung von 93%** im Vergleich zu den Männern.

Dieser Leistungsunterschied würde dem von MEDAU und NOWACKI 1985 erwähnten **Leistungsrückstand** in den Ausdauersportarten **von 8- 12 % für Frauen** entsprechen.

Radfahren

Die Unterschiede im **Radteil** fallen wesentlich deutlicher zugunsten der Männer aus. Hier beträgt die von den **Frauen** erbrachte Leistung lediglich **72%**. Das ist bezogen auf die 20 km lange Radstrecke ein **Unterschied von ca. 11 Minuten**.

Wie unten dargestellt, ist insbesondere die niedrigere relative Sauerstoffaufnahme der Triathletinnen im Radteil dafür verantwortlich. Die Belastung hinsichtlich der Herzfrequenz hatte bei Männern und Frauen auf einem ähnlich hohem Niveau gelegen.

Laufen

Im **Laufteil** liegen die Leistungen wieder sehr dicht beieinander. So brachen die Frauen die Belastung nur ca. 30s vor den Männern ab. Das heißt, die **Männer** erbrachten eine Leistung von **3W/kg** Körpergewicht im Durchschnitt für **1,5 Minuten**, die **Frauen** für **1min 8 s**.

Die Vermutung liegt nahe, daß diese gute Laufleistung der Frauen dadurch möglich wurde, daß sie sich durch eine zu niedrige Belastungswahl im Radteil schonten. Wodurch diese zustande kam, läßt sich nicht klären, zumal sich die Probandinnen im Radteil

subjektiv und nach Auswertung der gemessenen Laktatwerte an der Dauerleistungsgrenze befanden.

4.2.2.2 Herzfrequenz

Im Folgenden dargestellt sind die Herzfrequenzen in den einzelnen Teilen des Triathlontests im Verhältnis zur maximalen - bei der Fahrradspiroergometrie erreichten – Herzfrequenz (Abb.54).

Dabei fällt auf, daß die **Frauen** im **Schwimmteil** mit Werten von **90 - 100 %** (170-180 Schläge/min) ihre Maximalwerte aus der Fahrradspiroergometrie nahezu erreichen. Die **Männer** hingegen bleiben mit **80 - 90%** deutlich unter den erreichten Maximalwerten der Einzelspirometrie.

Das Rennverhalten der Frauen stimmt hierbei mit den Ergebnissen ähnlicher Untersuchungen überein, in denen keine wesentlichen Unterschiede zwischen der Schwimmleistung im Einzelwettkampf und der Leistung im Triathlon gefunden werden konnten (BISCHOFF 1991).

Dieser Umstand erstaunt wenig. Die SportlerInnen starten ausgeruht in den Schwimmteil des Triathlonwettbewerbes. Sie brauchen ihre Kräfte für die folgenden Disziplinen nicht einzuteilen, da der Antrieb beim Kraulschwimmen zu 80- 90% durch die Arme und den Schultergürtel erfolgt (HOLLANDER und Mitarb. 1988). Das Energiesubstrat Glykogen aber ist nur muskelspezifisch abbaubar (BERGSTRÖM und HULTMANN 1966).

Bei genügender Wettkampferfahrung ist es daher möglich, auch im Triathlon eine sich von der Einzelleistung nicht wesentlich unterscheidende Renngeschwindigkeit zu erbringen.

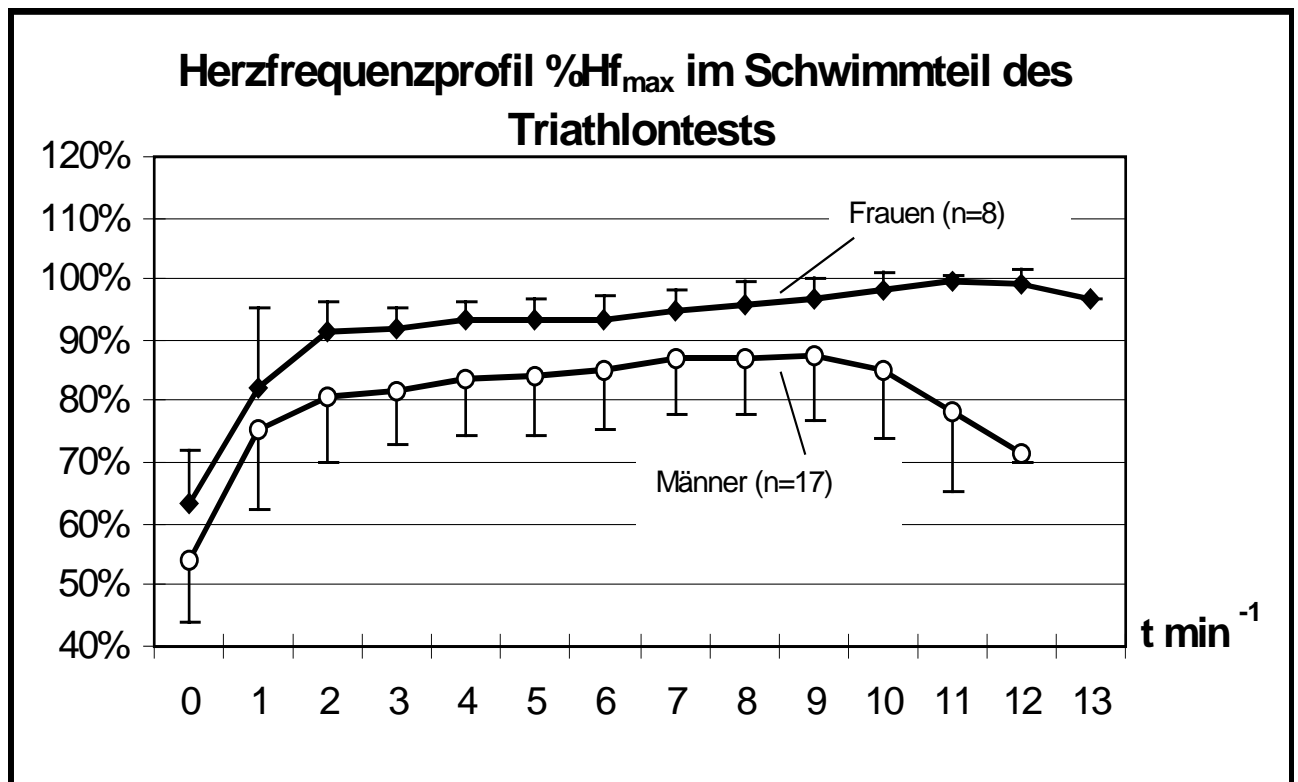


Abb.54: Mittelwerte und Standardabweichungen ($M \pm 1s$) der **Herzfrequenzwerte** der männlichen und weiblichen Triathleten im **Schwimmteil des Wettkampftests**, dargestellt in Prozent der maximalen Herzfrequenz der Fahrradspiroergometrie

Im Radteil unterscheidet sich das prozentuale Herzfrequenzprofil im Vergleich zu den Maximalwerten zwischen den männlichen und weiblichen SportlerInnen nur unwesentlich. Die **Frauen** liegen mit **87- 95%** (165-175 Schläge/min) etwas niedriger als die **Männer** mit **88- 98%** (160-170 Schläge/min). In beiden Gruppen ist zu beobachten, daß die Herzfrequenzen trotz konstanter Geschwindigkeiten im Verlauf des Radteiles ansteigen (Abb.55).

Das heißt, die AthletenInnen erbringen unter zunehmender Beanspruchung ihrer Leistungsreserven - ohne Leistungseinbruch! - eine konstante Geschwindigkeit über die gesamte Dauer des Radteiles.

Die erreichten Herzfrequenzwerte decken sich mit Ergebnissen eines 1990/91 in Leipzig von PFÜTZNER durchgeführten Wettkampfsimulationstestes, in dem die untersuchten ProbandenInnen Werte von durchschnittlich 175 Schlägen pro Minute im Radteil erreichten.

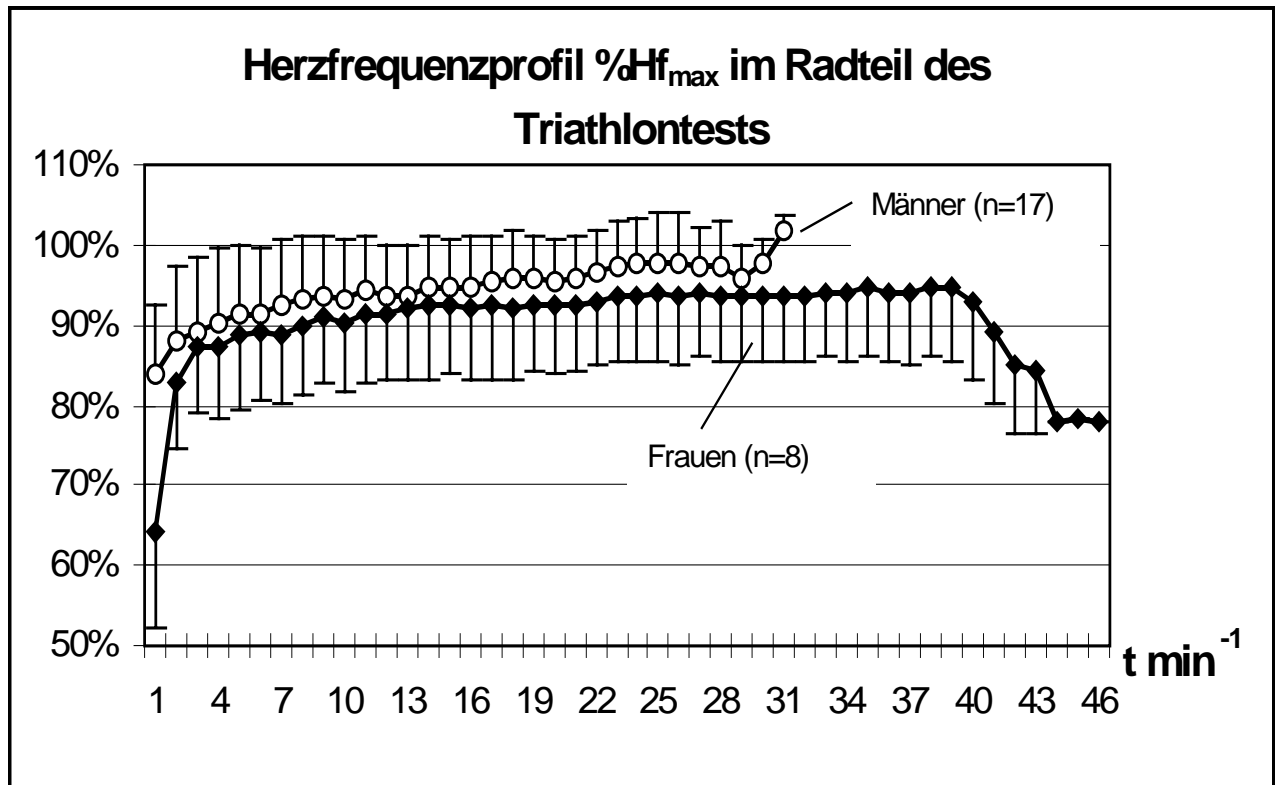


Abb.55: Mittelwerte und Standardabweichungen ($M \pm 1s$) der **Herzfrequenzwerte** der männlichen und weiblichen Triathleten im **Radteil des Wettkampftests**, dargestellt in Prozent der maximalen Herzfrequenz der Fahrradspiroergometrie

Im **abschließenden Laufteil** verlaufen die Kurven der Männer und Frauen **nahezu identisch** (Abb.56).

Der **1. Laufteil** mit vorgegebener Belastung wurde bei Herzfrequenzwerten von ca. **97%** der Maximalwerte bei der Fahrradspiroergometrie erbracht.

Dabei bleibt zu beachten, daß die kardiozirkulatorische Belastung auf dem Laufband intensiver ist als auf dem Fahrrad, im Erschöpfungsbereich aber gleiche maximale Herzfrequenzen erreicht werden (VÖLPEL 1980).

Im **2. Laufteil**, der zur subjektiven Ausbelastung der ProbandenInnen führte, wurden beim Belastungsabbruch Werte bis über 100% gemessen. Dies spricht dafür, daß die SportlerInnen für den abschließenden Laufteil noch genügend Reserven besaßen.

Diese konnten in prozentualer Weise mit 5-10% höheren kardiorespiratorischen Maximalwerten auf dem Laufband im Vergleich zur erschöpfenden Fahrradspiroergometrie im Sitzen von den TriathletenInnen ausgenutzt werden.

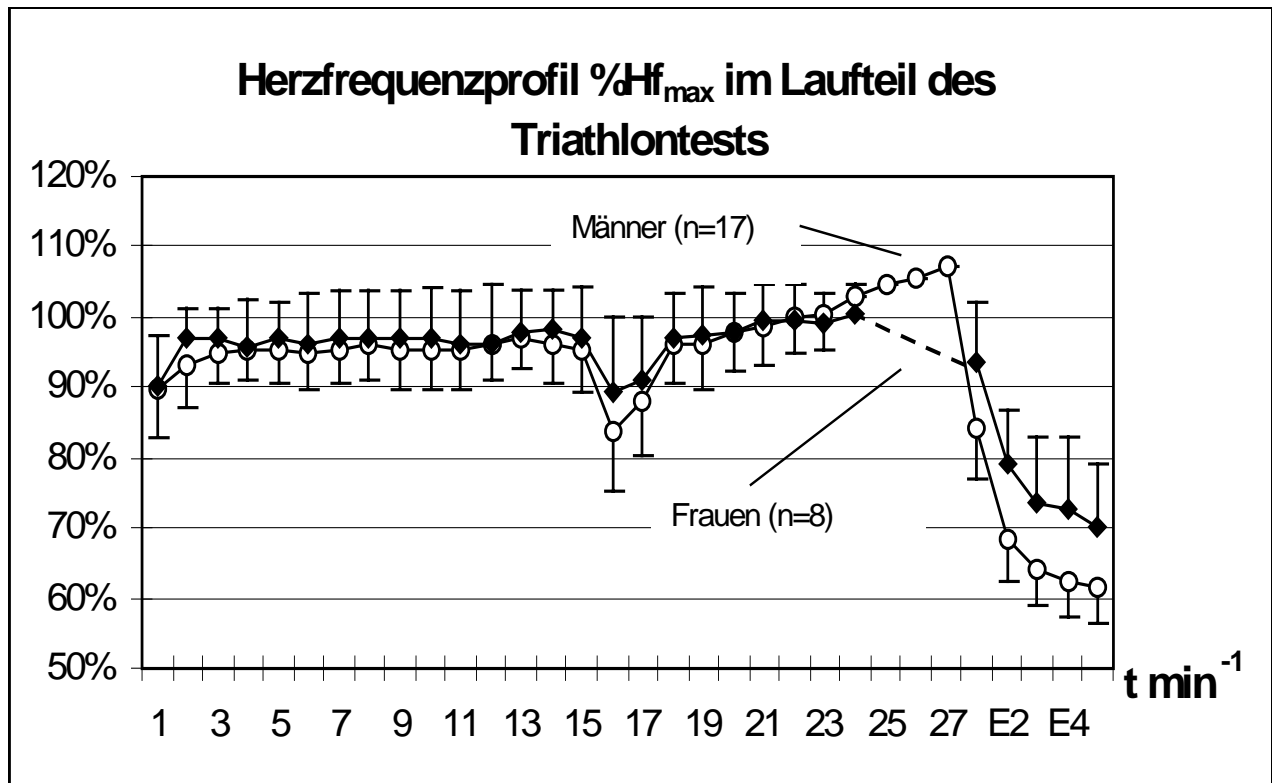


Abb.56: Mittelwerte und Standardabweichungen ($M \pm 1s$) der **Herzfrequenzwerte** der männlichen und weiblichen Triathleten im **Laufteil des Wettkampftests**, dargestellt in Prozent der maximalen Herzfrequenz der Fahrradspiroergometrie

4.2.2.3 Relative Sauerstoffaufnahme

Die Werte für die **relative Sauerstoffaufnahme** zeigten starke Unterschiede zwischen den Geschlechtern trotz ähnlich hoher Maximalwerte in der Fahrradspiroergometrie. So wurde der **Radteil** von den **Frauen** bei **knapp 60%** des Maximums absolviert. Die Werte der **Männer** lagen bei ca. **74%** der VO_{2max} (Abb.57).

Dabei bleiben Männer wie Frauen weit unter den in anderen Untersuchungen gefundenen Prozentangaben. So berichten PFÜTZNER, NEUMANN 1991 über einen Sauerstoffverbrauch von **90%** der VO_{2max} bei männlichen und weiblichen DTU-Kaderathleten im Triathlonsimulationstest.

Für Frauen liegen leider keine isolierten Werte in der Literatur vor.

Eine Rolle für diese niedrigen Werte spielt sicherlich der Zeitpunkt des Triathlonstests bei den Frauen. Im Gegensatz zur Fahrradspiroergometrie, die in der Wettkampfphase stattgefunden hatte, führten wir diesen aus technischen Gründen (bedingt durch zu diesem Zeitpunkt begrenzte personelle und finanzielle Voraussetzungen am Lehrstuhl für

Sportmedizin der Justus-Liebig-Universität Gießen) in der allgemeinen Vorbereitungsperiode im Winter durch.

HOTTENROTT 1991 berichtet über **Schwankungen der Sauerstoffaufnahme** von bis zu 20% **während eines Trainingsjahres** in Abhängigkeit vom Trainingsinhalt, wobei sich dies insbesondere auf die Fähigkeit auswirken soll, einen hohen Prozentsatz der VO_{2max} über einen längeren Zeitraum zu erbringen - weniger auf die Größe VO_{2max} selbst.

Da aber gerade die Fähigkeit, einen möglichst hohen Prozentsatz der VO_{2max} über eine definierte Zeit zu erbringen, über die Wettkampfleistung entscheidet (SCHÜRCH 1987), ist in diesem Befund ein entscheidender Unterschied zu leistungstärkeren TriathletInnen zu sehen.

Ein weiterer Grund ist sicherlich in der zusätzlichen Belastung durch das Tragen der Atemmaske zu sehen, die das subjektive Belastungsempfinden verfälschen kann.

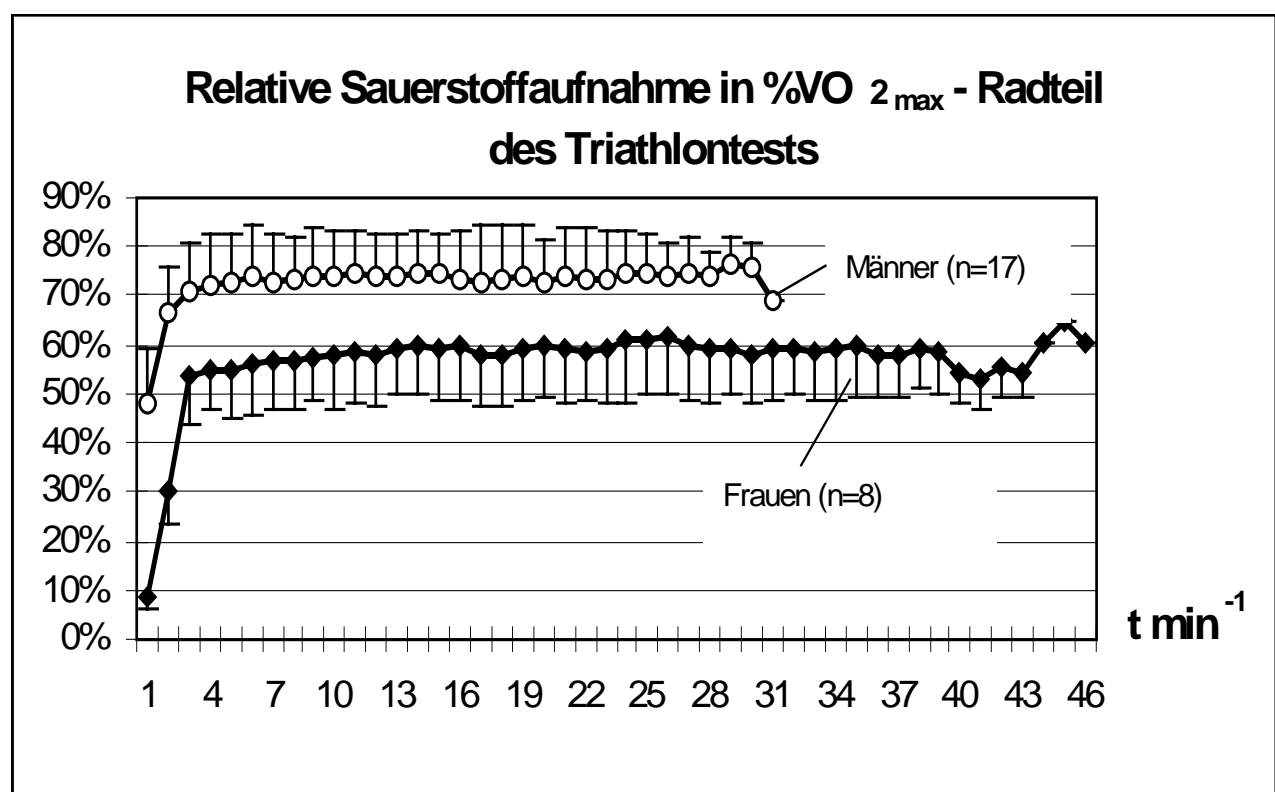


Abb.57: Mittelwerte und Standardabweichungen ($M \pm 1s$) der Werte für die **Relative Sauerstoffaufnahme** der männlichen und weiblichen Triathleten im **Radteil des Wettkampftests**, dargestellt in Prozent der maximalen Relativen Sauerstoffaufnahme der Fahrradspiroergometrie

Im **Laufteil** fallen die Unterschiede etwas niedriger aus und verschwinden in der Ausbelastung nahezu (Abb.58).

Die **Frauen** absolvierten den **1. Laufteil** bei **64% der VO_{2max}** , die **Männer** bei leicht über **70%**. In der **Ausbelastung** erreichen **beide Gruppen** etwas **über 80%**. (Der Wert in der letzten = 27. Laufminute resultiert aus dem Ergebnis eines Sportlers, der als einziger zu diesem Zeitpunkt noch im Test verblieben war).

Das Ergebnis des Laufteiles spricht dafür, daß die ProbandInnen auch für den letzten Abschnitt noch genügend Reserven besaßen und sich zuvor nicht komplett verausgabt hatten.

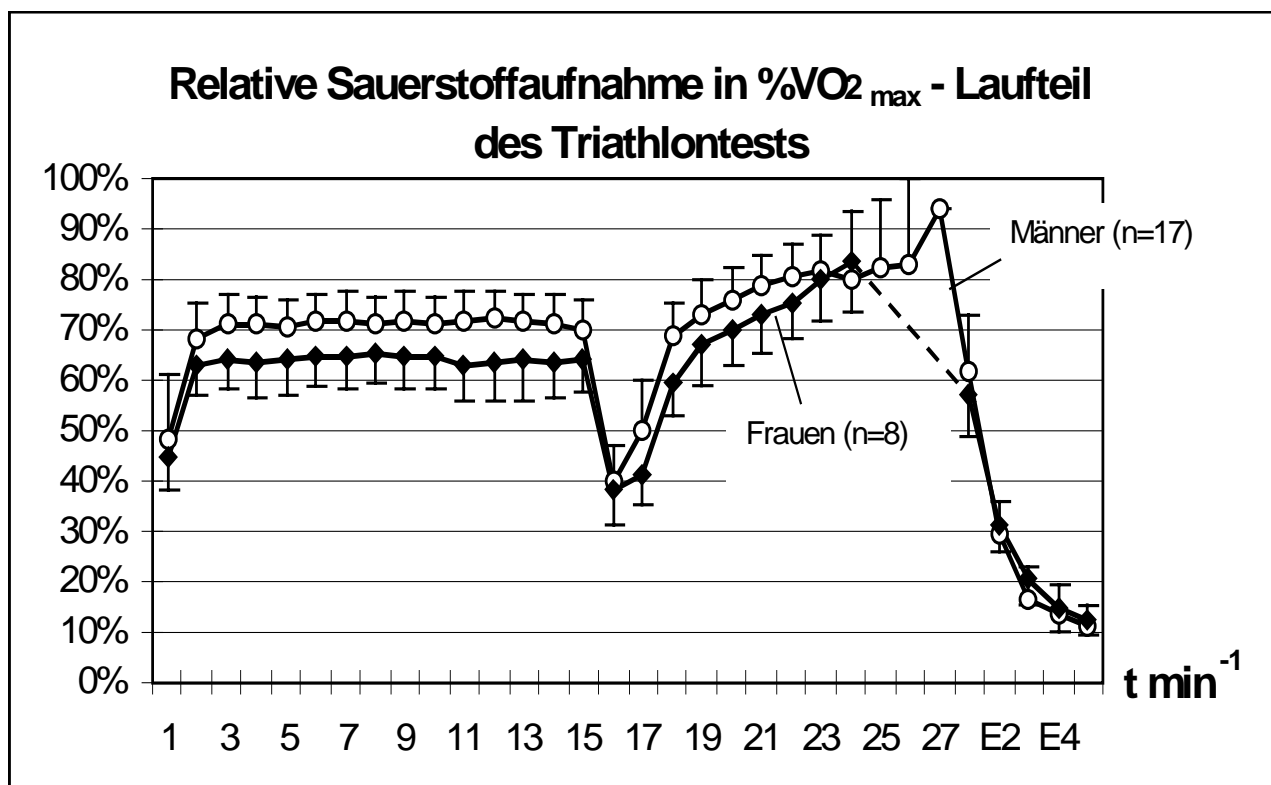


Abb.58: Mittelwerte und Standardabweichungen ($M \pm 1s$) der Werte für die **Relative Sauerstoffaufnahme** der männlichen und weiblichen Triathleten im **Laufteil des Wettkampftests**, dargestellt in Prozent der maximalen Relativen Sauerstoffaufnahme der Fahrradspiroergometrie

4.2.2.4 Laktat

Die gemessenen **Laktatwerte** zeigen im Schwimm- und Laufteil (Abb.59 und 61) nur sehr geringe Unterschiede im Vergleich der Triathlon-Männer- und Frauengruppe. Im **Radteil**

fällt auch bei der Betrachtung der Laktatwerte der für die Sauerstoffaufnahme bereits diskutierte Unterschied auf (Abb.60).

Die interindividuellen Schwankungen in beiden Gruppen sind allerdings beträchtlich.

Der mittlere **Laktatwert** lag für beide Gruppen nach der 600m langen Schwimmstrecke zwischen **6,5 und 7 mmol/l**.

Damit liegen unsere SportlerInnen in gleichen Bereichen wie sie in ähnlichen Untersuchungen von anderen Sportlern erreicht wurden.

Verschiedene Autoren berichten von Triathlonwettkämpfen mit Schwimmlaktatwerten von **5,7-7,9 mmol/l**, über Strecken von 600-1100m (HAAS und Mitarb. 1987, KÖHLER und NEUMANN 1987, FÖHRENBACH 1990, PFÜTZNER 1991).

Da der Anteil der anaeroben Glykolyse an der Gesamtenergiebereitstellung mit Verkürzung der Strecke zunimmt (ASTRAND 1972), kann man davon ausgehen, daß die Werte in einem Triathlon über die Kurzdistanz mit einer Schwimmstrecke von 1500m etwas niedriger liegen.

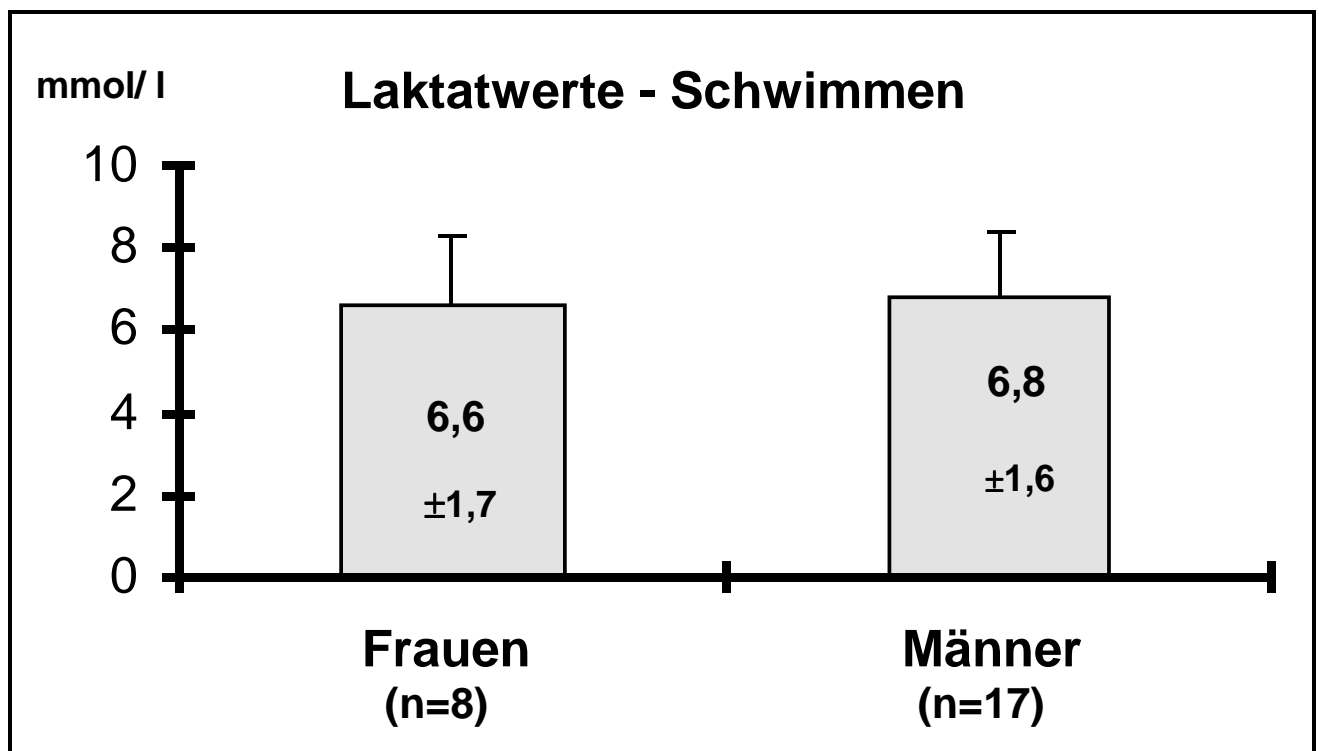


Abb.59: Mittelwerte und Standardabweichungen ($M \pm 1s$) für das **Laktat** für Männer und Frauen am Ende des **Schwimmteiles** des Triathlonwettkampftestes

Im **steady-state des Radteiles** erreichten die **Männer** durchschnittliche Laktatwerte von **6,9 mmol/l** und lagen damit entschieden über denen der **Frauen (4,8 mmol/l)**, was für eine deutlich höhere metabolische Belastung der Männergruppe spricht.

Der Unterschied ist wahrscheinlich zum größten Teil dadurch bedingt, daß die Frauen während der Zeit des Wintertrainings getestet wurden, welches durch einen sehr hohen Anteil von Grundlagenausdauertraining im rein aeroben Bereich geprägt ist. Die Untersuchung der Männergruppe hingegen fand im Frühjahr statt, in einer Phase des Jahrestrainings, in der sich die Inhalte des Trainings zu intensiveren Bereichen hin verschieben und daher eine Dauerleistung auf einem hohen Niveau der metabolischen Belastung möglich wird.

Zudem leidet im Winter das Radtraining im Verhältnis zum Schwimm- und Lauftraining am meisten, weshalb sich hier diese Differenzen am deutlichsten zeigten.

PFÜTZNER 1991 berichtet über Werte von **7mmol/l im Radteil** eines Triathlonsimulationstestes mit allerdings etwas kürzerer Gesamtdauer.

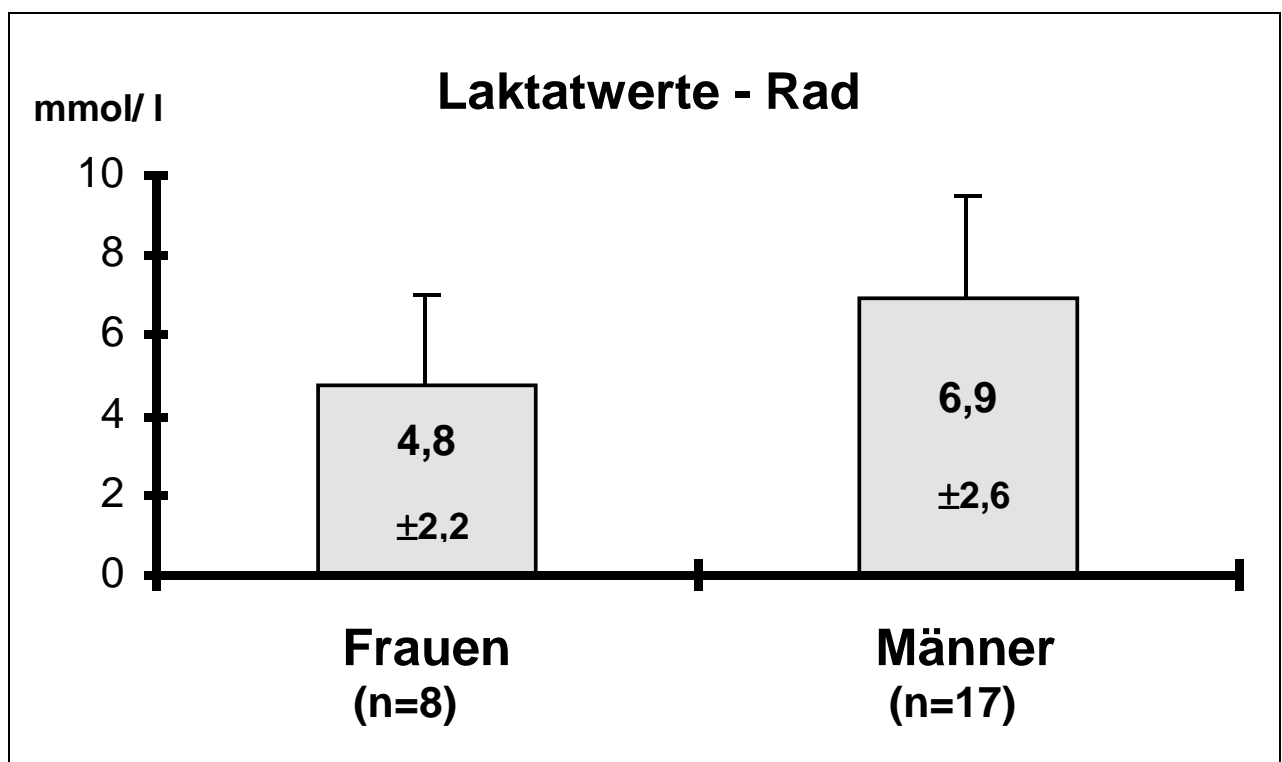


Abb.60: Mittelwerte und Standardabweichungen ($M \pm 1s$) für das **Laktat** für Männer und Frauen im **Radteil** des Triathlonwettkampftestes

Die Werte im **1. Laufteil**, der von beiden Gruppen bei einer Belastung von 1,5 Watt/kg Körpergewicht absolviert wurde, sind **nahezu identisch**.

Im **2. Laufteil**, in dem Männer wie Frauen im Durchschnitt noch zu einer Maximalleistung von 3W/kg KG fähig gewesen waren, liegen die Werte der **weiblichen Triathleten** sogar **über** denen der **Männer**. Das wurde wahrscheinlich möglich durch die niedrigere Belastung im vorangegangenen Radteil.

Die Erwartung war, daß die Männer im abschließenden Laufteil - entsprechend einer höheren Laufgeschwindigkeit im Wettkampf - zu einer höheren absoluten Leistung fähig wären.

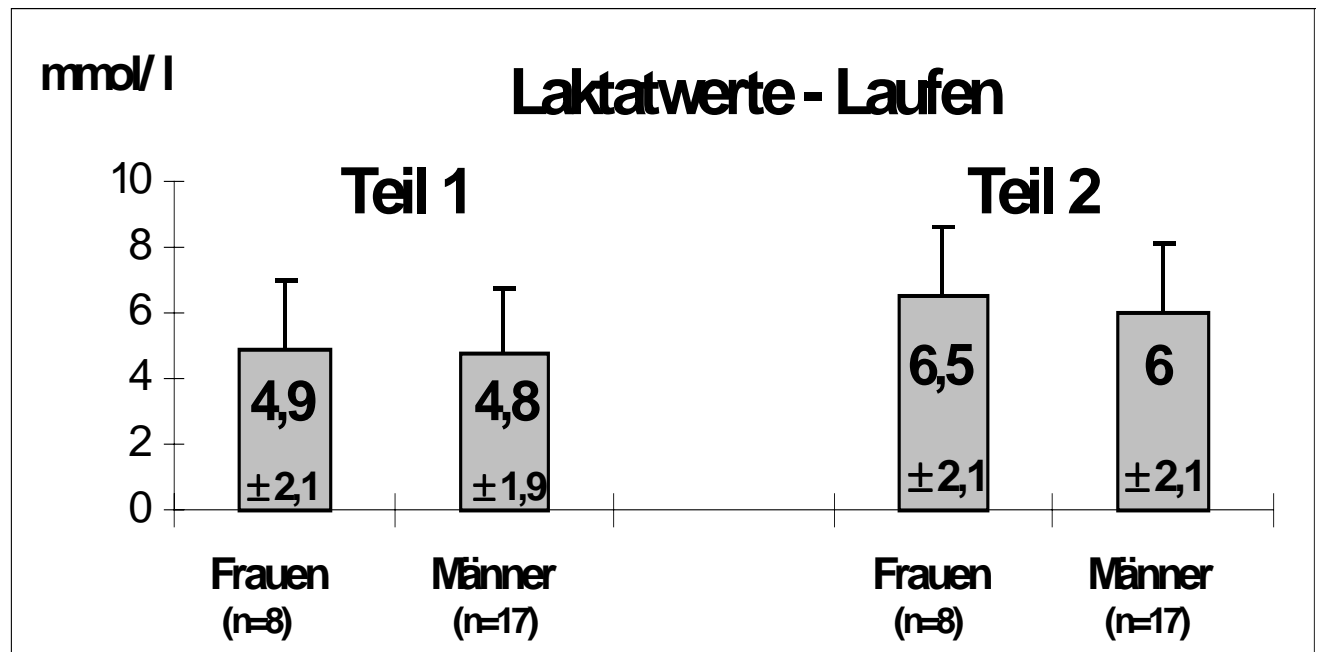


Abb.61: Mittelwerte und Standardabweichungen ($M \pm 1s$) der **Laktatwerte** getrennt für beide Teile des **Laufabschnittes** im Triathlonwettkampftest

Teil 1: submaximal bei 1,5 Watt/kg KG

Teil 2: maximal bis 3 Watt/kg KG

NEUMANN 1991 bezeichnet eine **intensive Ausdauerbelastung von 90 min Dauer** als eine markante Grenze, an der eine **metabole Grenzsituation** auftritt, bei der es zu einer Depletion der endogenen Glykogendepots in der Muskulatur und Leber kommt.

Bei einer Belastungsdauer von ca. 70-80 Minuten kann man davon ausgehen, daß ein Substratmangel als leistungslimitierender Faktor, zumindest bei Trainierten, ausscheidet.

Zudem ist an den **Laktatwerten** im **Laufteil** zu erkennen, daß das notwendige Substrat Glykogen auch für den gesamten Laufabschnitt noch genügend vorhanden war.

Da die Laktatbildungsrate neben der Belastungsintensität von der Substratverfügbarkeit abhängig ist (KARLSON et al. 1974, RICHTER, GALBO 1986, HECK 1987, MAASSEN,

BUSSE 1990), hätten die ProbandenInnen ansonsten nicht in dem Maße Laktat bilden können.

Ähnliche Laktatwerte wurden auch von anderen Untersuchern gefunden, beispielsweise berichten FÖHRENBACH et al. 1989 von mittleren Laktatwerten bei Männern nach einem **Kurztriathlon** von **5,65 mmol/l** am Ende des 10-km-Llaufes, HAAS et al. 1987 fanden ebenfalls bei männlichen Triathleten Werte von 4,4 mmol/l Laktat während des Laufteiles eines Triathlonwettkampfes über die Kurzdistanz.

PFÜTZNER 1991 beschreibt Laktatauslenkungen von **5 - 9 mmol/l** innerhalb eines Triathlonwettkampftestes.

Es werden demnach alle 3 Teildisziplinen innerhalb eines Triathlonwettkampfes im Bereich des **anaeroben Stoffwechsels** an der oberen Grenze des Mischverhältnisses von Fett- und Kohlenhydratstoffwechsel absolviert.

Im Vergleich zu Einzeldisziplinen mit vergleichbarer Dauer fällt auf, daß diese mit niedrigeren Laktatwerten absolviert werden. Im Marathonlauf wird z. B. unabhängig von der Leistungsfähigkeit im Mittel mit 2,5 mmol/l Laktat (FÖHRENBACH 1986) in klar aerober Stoffwechsellaage gelaufen.

Es scheint also, daß durch den Wechsel der Disziplinen der Organismus muskelmetabolisch intensiver belastet werden kann.

Daraus ist zu folgern , daß nicht ein gemeinsamer Faktor die Triathlonleistung determiniert, sondern die **Addition von Einzelleistungen** (BISCHOFF 1991).

Für die Trainingspraxis ist daher abzuleiten, daß in den Einzeldisziplinen Spitzenleistungen anzustreben sind.

Das trifft nach verschiedenen Untersuchern (BISCHOFF 1991, PFÜTZNER 1991) insbesondere für die zeitlich zuerst zu absolvierenden Disziplinen Schwimmen und Radfahren zu.

In diesen Disziplinen wurden im Vergleich zu Einzelwettkämpfen hinsichtlich Geschwindigkeit und Laktat kaum Unterschiede festgestellt.

Der Grund für den geringen Unterschied bei den von uns untersuchten Sportler/innen könnte darin liegen, daß zwischen beiden Untersuchungen fast 10 Jahre vergangen waren. Bei einem **jährlichen Leistungszuwachs von ca. 1 %** (PFÜTZNER und NEUMANN 1995) durch ein besseres und effektiveres Training wäre es möglich, daß die Frauen den von MEDAU und NOWACKI 1985 beschriebenen **Leistungsrückstand von 8 - 12 %** für Ausdauersportarten in dieser Zeit stark minimieren konnten, zumal es sich

beim Triathlon 1987 noch um eine neue Sportart handelte, bei der es in den letzten 10 Jahren zu einer sprunghaften Leistungsentwicklung kam.

4.2.2.5 Statistischer Vergleich der ermittelten Mittelwerte während der erschöpfenden Fahrradspiroergometrie sowie des Triathlon-Wettkampftestes bei männlichen und weiblichen Triathleten für verschiedene Parameter

Parameter	Männer	Frauen	Unterschied	Signifikanz
Spirometrie				
Hf _{submax} (1/min)	125±12	139±18	14	p<0,05 (+)
Hf _{max} (1/min)	176±9	186±9	10	p<0,05 (+)
Hf _{Erholung(E5)} (1/min)	97±12	105±13	8	p>0.05 (-)
AMV _{max} (l/min)	126,6±16,4	101,3±15,3	25,3	p<0,001 (+++)
VO ₂ % _{max} (%)	6,3±0,7	5,3±0,4	1,0	p<0,001 (+++)
VO _{2max} (ml/min)	4532±502	3351±385	1181	p<0,001 (+++)
VO ₂ /kg _{max} (ml/kg/min)	60,1±8,5	58±5,9	2,1	p>0,05 (-)
VO ₂ /Hf _{max} (ml)	26,3±2,8	18,2±2,1	8,1	p<0,001 (+++)
Laktat _{submax} (mmol/l)	3,2±0,6	2,2±0,8	1,0	p<0,001(+++)
Laktat _{max} (mmol/l)	11,8±2	12,1±2,6	0,3	p>0,05 (-)
Triathlontest-Schwimmen				
Hf _{max} (1/min)	152±16	183±7	31	p<0,001 (+++)

Triathlontest-Rad				
Hf _{max} (1/min)	169±9	174±14	5	p>0,05 (-)
AMV _{max} (l/min)	101±13	55±13	46	p<0,001 (+++)
VO ₂ % _{max} (%)	4,1±0,5	4,5±0,4	0,4	p<0,05 (+)
VO ₂ _{max} (ml/min)	3372±370	2000±420	1372	p<0,001 (+++)
VO ₂ /kg _{max} (ml/kg/min)	44,6±5,2	34±6	10,6	p<0,001 (+++)
VO ₂ /Hf _{max} (ml)	20±2,2	11,3±2	8,7	p<0,001 (+++)
Laktat _{steady-state} (mmol/l)	6,8±1,6	6,6±1,7	0,2	p>0,05 (-)
Laktat _{max} (mmol/l)	7,4±2,8	4,6±2,6	2,8	p<0,05 (+)
Triathlontest- Laufen (steady- state)				
Hf (1/min)	169±9	179±12	10	p<0,05 (+)
AMV (l/min)	91±11	60±10	31	p<0,001 (+++)
VO ₂ % (%)	4,4±0,4	4,4±0,4	0	p>0,05 (-)
VO ₂ (ml/min)	3272±362	2150±270	1122	p<0,001 (+++)
VO ₂ /kg (ml/kg/min)	43±3,1	36±4	7	p<0,001 (+++)
VO ₂ /Hf (ml)	19,4±1,7	12±1,3	7,4	p<0,001 (+++)
Laktat (mmol/l)	4,8±1,9	4,9±2,1	0,1	p>0,05 (-)
Triathlontest- Laufen (Ausbelastung)				
Hf _{max} (1/min)	174±9	192±8	18	p<0,001 (+++)
AMV _{max} (l/min)	108±13	78±9	30	p<0,001 (+++)
VO ₂ % _{max} (%)	4,6±0,4	4,2±0,4	0,4	p<0,01 (++)
VO ₂ /kg _{max} (ml/kg/min)	48,4±5,1	46±5,4	2,4	p>0,05 (-)
VO ₂ /Hf _{max} (ml)	20,6±1,6	13,9±1,7	6,7	p<0,001 (+++)
Laktat _{max(E3)} (mmol/l)	6±2,1	6,5±2,1	0,5	p>0,05 (-)

4.3 Stellenwert des Feldstufentestes - Lauf im Vergleich zu den anderen Testverfahren

4.3.1 Herzfrequenz

Die **maximal** erreichte **Herzfrequenz** hatte während des **Lauftestes** 193 ± 7 Schläge pro Minute betragen. Dieses Ergebnis deckt sich mit der im abschließenden **Laufteil** des **Triathlontestes** erreichten maximalen Herzfrequenz von $192 \pm 8 \text{ •min}^{-1}$ zum Zeitpunkt der subjektiven Ausbelastung. Der statistische Unterschied ist mit $p > 0,05$ nicht signifikant (-), so dass davon auszugehen ist, dass die untersuchten Sportlerinnen durch die beiden verglichenen Testverfahren in gleichem Maße kardiozirkulatorisch ausbelastet wurden und ihre individuelle maximale Herzfrequenz erreichen konnten.

Für die exakte Einschätzung der submaximalen Bereiche ist der Feldtest dem Triathlontest im Labor sicherlich vorzuziehen, da er eher die tatsächlichen Verhältnisse im Wettkampf darstellt und zudem eine exakte Laktat- und Herzfrequenzdiagnostik bei vergleichsweise geringem apparativen und personellen Aufwand ermöglicht.

Aus der praktischen Erfahrung heraus ist bekannt, dass der im Breitensport tätige Triathlet insbesondere Aussagen über die bekannten Trainingsbereiche, individuelle aerob/anaerobe Schwelle und maximale Herzfrequenz erhalten möchte.

Dazu stellt der Lauf – Feldtest eine einfache, jederzeit reproduzierbare Variante der Leistungsdiagnostik dar, die gegebenenfalls auch mehrfach im Verlauf einer Saison durchgeführt werden kann.

4.3.2 Laktat

Eine allgemeingültige Aussage hinsichtlich der **Laktatwerte** in den durchgeführten Untersuchungen lässt sich aufgrund einer extremen Streuung der ermittelten Werte nicht treffen.

Der **Maximalwert im Feldtest** hatte $7,71 \pm 1,47 \text{ mmol/l}$ betragen. Am Ende des **Laufabschnittes im Triathlontest** waren im Mittel $6,49 \pm 2,1 \text{ mmol/l}$ erreicht worden (wobei die Werte von 3,5 bis 8,9 mmol/l schwanken). Das heißt, es wurden vergleichbare Werte in den Ausbelastungsphasen erreicht, die deutlich über der anaeroben Schwelle liegen.

Diese wurde von uns bei einer Blutlaktatkonzentration von 4 mmol/l (aerob-anaerobe Schwelle nach MADER und Mitarb. 1976 bzw. anaerobe Schwelle KINDERMANN und Mitarb. 1978) angenommen.

Bei hochausdauertrainierten SportlerInnen in Langzeitausdauersportarten befindet sich dieser Bereich im steileren Anstieg der Laktatleistungskurve, so dass kaum Messfehler auftreten können (FÖHRENBACH und Mitarb. 1989).

Die **Laufgeschwindigkeit im Feldtest bei 4 mmol/l Laktat** hatte im Mittel bei **12,7 km/h** gelegen (entspricht 3,53 m/s).

In verschiedenen Untersuchungen (z.B. HUONKER 1992, NEUMANN 1998) wird über deutlich höhere Laktatwerte während eines Triathlonwettkampfes (ca. 6-8 mmol/l) als an der individuellen anaeroben Schwelle in Einzel –Labortesten (ca. 3-4 mmol/l) berichtet.

Aus diesen Ergebnissen lässt sich folgern, dass während eines Kurztriathlons in allen Einzeldisziplinen ein Laktat-Steady-State auf einem sehr hohen Laktatniveau erreicht wird. Das bedeutet, dass die anaerobe Anforderung an die disziplinspezifisch belastete Muskulatur sehr hoch einzuschätzen ist und z.B. die eines Marathonläufers um ein Vielfaches übertrifft. FÖHRENBACH 1986 berichtet über ein Laktat-Steady-State von 2-3 mmol/l für die Dauer von 2 bis 2,5 Stunden bei einer Laufgeschwindigkeit von 5 - 5,5 m/s.

Vergleicht man bei unserer Untersuchung die Laktatwerte des Rad- und Laufteiles im Triathlonwettkampf so fällt auf, dass sich während des Radfahrens ein **Laktat-Steady-state** mit Werten von ca. **4,8mmol/l** einstellt.

Im ersten Laufabschnitt mit vorgegebener Belastung liegen die Laktatwerte mit großen Schwankungen im Mittel bei **4,9 ± 2,1 mmol/l**, so dass die Laufbelastung der selbstgewählten Belastung während des Radfahrens entspricht.

Übertragen auf den Lauf - Feldtest würde das einer Laufgeschwindigkeit von ca. **13 km/h** entsprechen und läge damit im Bereich der Wettkampflaufgeschwindigkeiten der untersuchten SportlerInnen.

Das bedeutet auch, dass die von uns untersuchten SportlerInnen in der Lage sind, ein Laktatfließgewicht auf relativ hohem Niveau über einen langen Zeitraum aufrechtzuerhalten.

Das würde gleichzeitig bedeuten, dass die aus den Einzelsportarten bekannten und angewandten Testverfahren mit festen Schwellenkonzepten nicht in der Lage sind, die Triathlonwettkampfleistung - als Integration von 3 Sportarten – exakt einzuschätzen und es zu einer Unterschätzung der anaeroben Kapazität der SportlerInnen kommen könnte.

5 ZUSAMMENFASSUNG

In der Saison 1995/96 wurden am Lehrstuhl für Sportmedizin der Justus-Liebig-Universität Gießen 11 Triathletinnen der regionalen Spitzenklasse Mittelhessens 3 verschiedenen leistungsdagnostischen Tests unterzogen. Die Sportlerinnen absolvierten eine erschöpfende Fahrradspiroergometrie im Sitzen, einen Feldtest – Lauf sowie einen speziell entwickelten Triathlon-Wettkampfsimulationstest im Labor.

In der Dissertation werden die von uns erhobenen Befunde vergleichend mit den leistungsmedizinischen Parametern von Triathletinnen, die an anderen Instituten erhoben wurden, diskutiert.

Des Weiteren hatten wir unsere Ergebnisse mit den von RÜB 1991 bei einer ähnlichen Testreihe mit Triathleten am Institut erhobenen Werten verglichen.

Die **Ergebnisse** können wie folgt zusammengefasst werden:

1. Nach der von MEDAU und NOWACKI 1985 vorgeschlagenen Beurteilung können die von uns untersuchten Sportlerinnen dem sehr guten, teilweise sogar dem Hochleistungsbereich hinsichtlich der während einer erschöpfenden Fahrradspiroergometrie erbrachten Maximalleistung zugeordnet werden. Die **mittlere Maximalleistung betrug $4,8 \pm 0,4$ Watt/kg KG**.
2. Auch hinsichtlich der gewichtsbezogenen maximalen Sauerstoffaufnahme lassen sich unsere Probandinnen nach verschiedenen Klassifikationen (BACHL 1986, P.E. und N.S. Nowacki 1998) dem sehr gut trainierten, teilweise dem Hochleistungsbereich zuordnen. Die maximale relative Sauerstoffaufnahme beträgt **$57,9 \pm 5,9$ ml/kg/min**.
3. Während des **Triathlonlabortestes** hatte die gewählte Belastung hinsichtlich der Herzfrequenz in Bereichen gelegen, die der maximal erreichten Herzfrequenz während der erschöpfenden Fahrradspiroergometrie (**186 ± 13 min⁻¹**) nahezu entsprachen.
Am Ende des Schwimmteiles hatten wir **183 ± 7 min⁻¹** gemessen.
Der Radteil war bei einer Belastung von **91-94%** der maximalen Herzfrequenz absolviert worden.
Die höchsten Werte wurden während des Laufteiles erreicht, wobei die abschließend erreichten Maximalwerte mit **192 ± 8 min⁻¹** sogar deutlich über denen der Fahrradspiroergometrie (**186 ± 13 min⁻¹**) lagen.

4. Auffälliges Ergebnis war die bei einer relativ niedrigen gewichtsbezogenen Sauerstoffaufnahme erbrachte Radleistung im Triathlon-Test. So wurde der Radteil von den Frauen bei ca. **60%** der bei der Fahrradspiroergometrie erreichten $\text{VO}_{2\text{max}}$ absolviert. Im Vergleich dazu, erbrachten die von RÜB 1991 untersuchten Männer ihre Radleistung bei ca. **74%** der maximalen Sauerstoffaufnahme.

Bei Untersuchungen von Kaderathleten war von Werten bis **90%** von PFÜTZNER und NEUMANN 1991 berichtet worden.

Dieses Ergebnis verdeutlicht, dass hier noch große Leistungsreserven bei den von uns untersuchten Amateur-Triathletinnen liegen.

5. Die gemessenen **Laktatwerte** im Verlaufe des Triathlon-Testes liegen insgesamt bei der Männer- wie auch der Frauengruppe mit Werten zwischen **4,5 und 7 mmol/l** sehr hoch. Diese Ergebnisse decken sich mit denen anderer Untersucher. Wobei auch hierbei eine **niedrigere metabolische Belastung der Frauen während des Radteiles** auffällt **$4,8 \pm 2,2 \text{ mmol/l}$ der Frauen vs. $6,9 \pm 2,6 \text{ mmol/l}$ der Männer.**

Insgesamt bleibt festzustellen, dass eine Sportart wie der Triathlon, durch die Kombination von 3 Einzelsportarten, eine sehr **komplexe Leistungsdiagnostik** erfordert. Diese muß einerseits in der Lage sein, Aussagen über die Leistungsfähigkeit in jeder einzelnen der 3 integrierten Sportarten zu geben und andererseits Voraussagen über die zu erwartende Gesamtwettkampfleistung geben können.

Dazu sind **leicht zu handhabende** und **jederzeit reproduzierbare** Einzeltests – wie der Feldstufentest im Laufen – notwendig. Dieser ist für jeden Verein ohne größeren apparativen und personellen Aufwand durchführbar und kann den Sportlern wichtige Hinweise zur Trainingsgestaltung und zur Entwicklung der Ausdauerleistungsfähigkeit in den einzelnen Trainingsbereichen geben. Damit ist er ein **einfaches Mittel zur Trainingssteuerung** sowie auch zur **Erfolgskontrolle**, beispielsweise anhand der Verschiebung der Laktatleistungskurve. Ergänzend können, insofern ein entsprechendes Sportmedizinisches Institut zur Verfügung steht, spiroergometrische Untersuchungen – wie die bei den vorliegenden Untersuchungen eingesetzte erschöpfende Fahrradspiroergometrie – zur Leistungsdiagnostik angewandt werden. Dabei können genauere Aussagen über die Ausdauerleistungsfähigkeit getroffen, Vergleiche zu Hochleistungssportlern angestellt und detaillierte Hinweise zur Trainingsgestaltung gegeben werden.

Der für die vorliegende Dissertation inaugurierte komplexe Triathlon-Wettkampftest ist in der Lage, Aussagen über die Leistungsfähigkeit bei einem Wettkampf zu machen. Er kann im Gegensatz zu den Einzeltests Besonderheiten, die sich aus der Aneinanderreihung der 3 Sportarten ergeben, erfassen. Aus Vergleichen mit Einzeltests lassen sich dann auch Rückschlüsse ziehen, welche Auswirkungen Vorbelastungen, wie das Radfahren, auf die anschließende Laufleistung haben.

Allerdings bleibt festzustellen, dass der Wettkampftest aufgrund eines immensen zeitlichen, apparativen und personellen Aufwandes spezialisierten Zentren vorbehalten sein sollte und auch zukünftig sein wird.

Die hier vorgestellten leistungsmedizinischen Parameter von hessischen Amateur-Triathletinnen sind in Übereinstimmung mit JOKL 1983 und NOWACKI 1983 eine Bestätigung, dass intensiv in einer Ausdauer-Kraftsportart trainierende Frauen den Standard von gut bis sehr gut trainierten Männern erreichen.

Literaturverzeichnis

Astrand, J:

Experimental studies of physical working in relation to sex and age.
Munksgard, Kopenhagen 1952

Astrand, J.:

Aerobic work capacity in men and woman with special reference to age.
Acta physiol scand. 49 (1960), 169-174

Astrand, J.:

Nutrition and physical performance. General aspects of energy release from foodstuffs. In: Wijn de JF. Binkhorst RA. (Hrsg.): Nutritional aspects of physical performance. Mouton. Den Haag. 1972

Bachl, N.:

Grundlagen der Belastungsuntersuchung und Leistungsbeurteilung. In: Sportmedizin in der Praxis, A. Aigner (Hrsg.). Springer- Verlag Berlin Heidelberg New York (1986), 461- 598

Bergström, J., E. Hultman:

Muscle glycogen synthesis after exercise: an enhancing factor localized to the muscle cells in Man. Nature 210: 309. 1966

Bischoff, M.:

Vergleich der Teildisziplinen des Kurztriathlons als Einzelwettkampf gegenüber dem Triathlonwettkampf in Geschwindigkeit, Laktat und Herzfrequenz. In: Triathlon: Schwimmen, Langtriathlon, Trainingssteuerung: Schwimmsportliches Symposium, Darmstadt 1991; Internationales Triathlon Symposium, Losheim 1991, D. Bremer (Hrsg.). Ahrensburg : Czwalina (1992), 115-126

Bremer, D.:

Distanzen und Relationen im Triathlon aus sportwissenschaftlicher Sicht. In: Triathlon: Sportmedizin und Trainingswissenschaft. Internationales Symposium, Hanau 1986, D. Bremer (Hrsg.). Ahrensburg: Czwalina (1986), 13-22

Clasing, D.:

Gefahren des Triathlons aus internistischer Sicht. In: Triathlon: Trainingssteuerung, Psychologie, Jugendtriathlon. Internationales Triathlon-Symposium, Neumünster 1988, D. Bremer (Hrsg.). Ahrensburg : Czwalina (1989), 7-16

Clauss, G., H. Ebner:

Statistik. Für Soziologen, Pädagogen, Psychologen und Mediziner Bd.1. Grundlagen. Harri Deutsch Verlag, Thun 1983

De Vito, G., M. Bernardi, E. Sproviero, F. Figura:

Decrease of Endurance Performance During Olympic Triathlon. In: Int. J. Sports Med. 16 (1995), 24- 28

Fischer, J.:

Philosophie des Triathlon. In: Triathlon: Sportmedizin und Trainingswissenschaft. Internationales Symposium, Hanau 1986, D. Bremer (Hrsg.). Ahrensburg: Czwalina (1986), 5-8

Föhrenbach, R.:

Leistungsdiagnostik, Trainingsanalyse und -steuerung bei Läuferinnen und Läufern verschiedener Laufdisziplinen. Hartung-Gorre. Konstanz. 1986

Föhrenbach, R. u. Mitarb.:

Leistungsdiagnostik und Trainingssteuerung im Triathlon. In: Triathlon: Trainingssteuerung, Psychologie, Jugendtriathlon. Internationales Triathlon-Symposium, Neumünster 1988, D. Bremer (Hrsg.). Ahrensburg : Czwalina (1989), 96-116

Föhrenbach, R.:

Säure-Basen-Status, Laktat- und Herzfrequenzverhalten im einstündigen Raddauertest von Triathleten. In: Triathlon: Physiologie, Betreuung, Trainingsplanung. Internationales Triathlonsymposium, Niedernberg 1989. D. Bremer (Hrsg.). Ahrensburg:Cwalina (1990), 31-34

Föhrenbach, R.:

Leistungsdiagnostik, Trainingsanalyse und -steuerung im Triathlon. Leistungssport 20 (3), 1990, 35-40

Freedman, R. R ., S.C.Sabharwal, N.Desai:

Sex differences in peripheral vascular adrenergic reseptors. Circulation Res. 61 (1987), 581-585

Friedmann, B., J. Jost, M. Weiss, M. Albert, B.F.Welsch, P. Bärtsch:

Ermittlung der Belastungsintensität für einstündige erschöpfende Ausdauerbelastung bei Triathleten. In: Regulations- und Repairmechanismen 33. Dt. Sportärztekongreß Paderborn 1993. H. Liesen u. Mitarb. (Hrsg.).- Köln: Dt. Ärzte- Verlag (1994), 179- 183

Frizzera, S., P. Bertoli, S. Resnyak, K. Widmann:

Triathlon: Herkömmliche und neue Aspekte in der Funktionsdiagnostik. In: Dt. Zeitschrift für Sportmedizin 8 (1991), 352- 358

Haas, W. u. Mitarb.:

Das Leistungsprofil des Triathlonathleten. Praktische Sport-Traumatologie und Sportmedizin 3, 1987, 2-9

Heck, H.:

Laktat in der Leistungsdiagnostik. Habilitationsschrift. DSHS Köln. 1987

Hermann, B.:

Maximale biologische Leistungsfähigkeit, Laktatverhalten und aerob/ anaerobe Schwelle von Volleyballspielerinnen bei erschöpfender Fahrradergometrie im Sitzen mit der 1W/ kg- Methode. Examensarbeit, Gießen 1983

Hollander u. Mitarb.:

Contribution of the legs to propulsion in front crawl swimming. In: Ungerechts, B.E. u. Mitarb.: Swimming Science V. Int Series on Sport Sciences (18). Human Kinetics Books. Champaign IL. 1988

Hollmann, W.:

Zur Frage der Dauerleistungsfähigkeit. Fortschr. Med. 79 (1961), 439-444

Hollmann, W.:

Sexualdifferenzen bei Spiroergometrie In: Jugend. Frauensport, S. 207-216. Bausenwein,I., J.Plank (Hrsg.). Banaschewski, München-Gräfelfing 1961

Hollmann, W., H. Liesen:

Die Beurteilung der Lauf- und Ausdauerleistungsfähigkeit im Labor. Leistungssport 3 (1973), 369-373

Hollmann, W.:

Zur Geschichte der Frau im Leistungssport aus medizinischer Sicht.
In: Frau und Sport II. Leistungsmerkmale der Frau- Leistungsunterschiede zum Mann. Beiträge zur Sportmedizin Bd. 26, S. 8-18. Medau, H.J., P.E. Nowacki (Hrsg.). perimed Fachbuch- Verlagsgesellschaft, Erlangen 1984

Hollmann, W., T. Hettinger:

Sportmedizin – Arbeit und Trainingsgrundlagen. Schattauer Verlag, Stuttgart-New York, 3. Aufl., 1990

Holmgren, A.:

Cardiorespiratory determinants of cardiovascular fitness. Can. Med. Ass. J. 96 (1967), 697-701

Hottenrott, K. u. Mitarb.:

Möglichkeiten der Trainingssteuerung im Triathlon mittels der Herzfrequenz.
In: Triathlon: Physiologie, Betreuung, Trainingsplanung. Internationales Triathlonsymposium, Niedernberg 1989. D. Bremer (Hrsg.). Ahrensburg: Cwalina (1990), 68-82

Hottenrott, K.:

Trainingsanalyse der deutschen Jugend/Juniorennationalmannschaft im Triathlon unter besonderer Berücksichtigung des Umfangstrainings. In: Triathlon: Biomechanik, Trainingskonzeption, Verletzungsprophylaxe. Internationales Triathlonsymposium, Darmstadt 1990. D. Bremer (Hrsg.). Ahrensburg: Cwalina (1991), 51-64

Hottenrott, K., E.-D. Lübs

Physiologischer Leistungsstand von Triathleten der bundesdeutschen Jugend/Juniorennationalmannschaft. In: Triathlon: Schwimmen, Langtriathlon, Trainingssteuerung: Schwimmsportliches Symposium, Darmstadt 1991; Internationales Triathlon Symposium, Losheim 1991, D. Bremer (Hrsg.). Ahrensburg : Czwalina (1992), 127-136

Hottenrott, K.:

Ausdauertraining: intelligent, effektiv, erfolgreich. Dr. Loges+ Co. GmbH, Winsen /Hrsg.). Lüneburg, Wehdemeier& Pusch 1994

Huonker, M. u. Mitarb.:

Leistungsphysiologische Kenngrößen bei Kurztriathleten. In: Triathlon: Schwimmen, Langtriathlon, Trainingssteuerung: Schwimmsportliches Symposium, Darmstadt 1991; Internationales Triathlon Symposium, Losheim 1991, D. Bremer (Hrsg.). Ahrensburg : Czwalina (1992), 101-114

Huonker, M., J.Keul:

Auswirkungen der differenten Ausdauerbelastung im Triathlon auf den Organismus unter Berücksichtigung extremer klimatischer Bedingungen (Hitze, Kälte) und Prophylaxe/ Therapie von Hitze-/ Kälteschäden. In: Triathlon: Medizinische und methodische Probleme des Trainings. Internationales Triathlonsymposium, Bad Endorf 1993. M. Engelhardt (Hrsg.). Ahrensburg: Cwalina (1994), 33-48

Immich, I.:

Medizinische Statistik. Schattauer Verlag, Stuttgart – New York 1974

Israel, S.:

Sport und Herzschlagfrequenz. Barth, Leipzig 1982

Israel, S.:

Die organismischen Grundlagen der geschlechtsspezifischen sportlichen Leistungsfähigkeit. Med. u. Sport 19 (1979), 28-35

Israel, S.:

Sport und Herzschlagfrequenz, Sportmedizinische Schriftenreihe 21, Johann- Ambrosius- Barth, Leipzig 1982.

Itzchak, Y., A. Silberberger, M. Medau, R.Adar, V.Deutsch:

Haematocrit viscosity and blood flow velocity in men and woman. Israel J.med. Scis.13 (1977), 80-82

Jokl, E:

Der gegenwärtige Stand der Sportmedizin. In: Frau und Sport. Die Bedeutung der Gymnastik - sportmedizinische und sportwissenschaftliche Aspekte. Beiträge zur Sportmedizin, Bd. 19, S. 9-28. Medau, H.J., P.E. Nowacki (Hrsg.). perimed Fachbuch –Verlagsgesellschaft, Erlangen 1984

Karlson, J. et al:

Muscle glycogen utilization during exercise after physical training. Acta Physiol Scand 90. 1974, 210-217

Kindermann, W. u. Mitarb.:

Dauertraining – Ermittlung der optimalen Trainingsfrequenz und Leistungsfähigkeit. Leistungssport 8 (1978), 34-39

Köhler, E., G. Neumann:

Sportmedizinische Untersuchungen bei kombinierten Ausdauerbelastungen. Med. u. Sport 27 (5). 1987, 140-142

Laurenson, N. M., K.Y. Fulcher, P. Korkia:

Physiological Characteristics of Elite and Club Level Female Triathletes During Running. In: Int. J. Sports Med. 14 (1993), 455- 459

Leingärtner, T.:

Validität von Labor- und Feldtest für die Leistungsdiagnostik im Skilanglauf. Dissertation an der Technischen Universität München, 1993

Lerch, C.:

Vergleichende laufergometrische Labor- und Felduntersuchungen zur Aussagekraft metabolischer, kardialer und respiratorischer Parameter für die Leistungsdiagnostik im Ausdauersport. Dissertation an der Technischen Universität München, 1994

Liesen, H., W. Hollmann:

Ausdauersport und Stoffwechsel. Wissenschaftl. Schriftenreihe des Deutschen Sportbundes, Band 14. Karl Hofmann, Schorndorf 1981

Maasen, N., M.W. Busse:

Ergänzende Parameter zur Interpretation von Laktatleistungskurven. Abstract. 32. Dtsch. Sportärztekongress: Pro und Contra Sportmedizin. München 1990

Mader, A. et al.:

Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit im Labor. Sportarzt und Sportmed. 27 (1976), 80-88

Mader, A.:

Die Komponenten der Stoffwechselleistung in den leichtathletischen Ausdauerdisziplinen – Bedeutung für die Wettkampfleistung und Möglichkeiten zu ihrer Bestimmung. In: Tschiene, P.(Hrsg.). Neue Tendenzen im Ausdauertraining. Informationen zum Leistungssport. Bd. 12. Frankfurt: Bundesausschuß Leistungssport. 1994

Medau, H. J., P.E. Nowacki:

Die ergometrische Belastung von Frauen. Ein Modell zur besseren Leistungsbeurteilung. Therapiewoche 34 (1985), 3873-3875

Medau, H.J., P.E. Nowacki (Hrsg.):

Frau und Sport II. Leistungsmerkmale der Frau – Leistungsunterschiede zum Mann. Beiträge zur Sportmedizin, Bd. 26. perimed Fachbuch Verlagsgesellschaft, Erlangen 1985

Medau, H.J., P.E. Nowacki, H. Avenhaus:

Die Beurteilung des Sporthertzens im Wandel der Zeiten. Medwelt 39, 13-23, 1988

Medau, H.J., P.E. Nowacki (Hrsg.):

Frau und Sport III. Die Bedeutung der nichtolympischen Disziplinen für die sporttreibende Frau. Beiträge zur Sportmedizin, Bd. 33. perimed Fachbuch Verlagsgesellschaft, Erlangen 1988

Medau, H.J., P.E. Nowacki (Hrsg.):

Frau und Sport IV. Die olympische Disziplinen der Frau im Sport. (Erstes gesamtdeutsches Sportmedizinisches Symposium in Coburg 1990). Beiträge zur Sportmedizin, Bd. 41. perimed-spitta, Med. Verlagsgesellschaft, Erlangen 1992

Medved, R., V. Pavisit, K. Stuha:

Das größte gesunde Sporthertz bei Frauen. Sportarzt Sportmed. 26 (1975), 174-176

Mellerowicz, H.:

Ergometrie. Urban& Schwarzenberg. München-Wien-Baltimore 1975

Mellerowicz, H.:

Ergometrie, 3.Aufl. Urban & Schwarzenberg, München-Wien-Baltimore 1979

Ming, G.H.:

Medizinische Statistik. Gesundheitsverlag, VR China Beijing 1997, 9-50

Mohammed, M.F.I.:

Die Entwicklung des Sportmedizinischen Leistungsprofils im deutschen Fußballsport. Dissertation an der Justus-Liebig-Universität Gießen, 1999

Moll, E., C. Reiners:

Grundbegriffe der medizinischen Statistik. Abteilung für Nuklearmedizin der Universität Würzburg

Neumann, G.,:

Sportmedizinische Grundlagen der Ausdauerentwicklung. Med. u. Sport 24 (1984), 174-178

Neumann, G., K.P. Schüler:

Sportmedizinische Funktionsdiagnostik. Sportmed. Schriftenr. 25. Barth, Leipzig 1989

Neumann, G., A. Pfützner:

Leistungsstruktur der Langzeitausdauer im Triathlon. In: Triathlon: Schwimmen, Langtriathlon, Trainingssteuerung: Schwimmsportliches Symposium, Darmstadt 1991; Internationales Triathlon Symposium, Losheim 1991, D. Bremer (Hrsg.). Ahrensburg : Czwalina (1992), 61-66

Neumann, G., R. Müller:

Schwimmstufentest im Triathlon. In: Triathlon: Medizinische und methodische Probleme des Trainings. Internationales Triathlonsymposium, Bad Endorf 1993. M. Engelhardt (Hrsg.). Ahrensburg: Cwalina (1994), 49-62

Neumann, G., A. Pfützner:

Sportmedizinische Charakteristik der Skilanglaufleistung. In: Medical Triathlon World 19 (1995), 5-9

Neumann, G.,:

Labor- oder Feldtest? In: Medical Triathlon World 22/23 (1996), 5-6

Neumann, G., K.-P. Schüler:

Sportmedizinische Funktionsdiagnostik. J.A. Barth, Leipzig 1994

Neumann, G., D. Gohlitz:

Trainingssteuerung im leichtathletischen Lauf mittels disziplinspezifischer Ausdauertests. Leistungssport 26 (1996), 63-67

Neumann, G.,:

Dosierung und Nutzen von Kohlenhydrataufnahmen bei Ausdauerbelastungen. In: Symposiumsband des Internationalen Triathlonsymposiums Bad Endorf 1995. M. Engelhardt (Hrsg.). Ahrensburg: Cwalina (1996), 7-22

Neumann, G., O. Volk:

Metabole und hormonelle Auswirkungen eines Dreifachlangtriatlons. In: 13. Internationales Triathlon Symposium, Erbach 1998. M. Engelhardt (Hrsg.). Hamburg: Cwalina (1999), 21-42

Nöcker, J.:

Physiologie der Leibesübungen. 3. Auflage. Enke Stuttgart. 1976

Nowacki, P.E., K.Adam, R.Krause, U.Ritter:

Die Spiroergometrie im neuen Untersuchungssystem für den Spitzensport. Leistungssport 1 (1971), 37-51

Nowacki, P.E., R. Krause, U. Ritter:

Die Rolle der Spiroergometrie im neuen System der sportmedizinischen Untersuchungen für den Spitzensport im Bereich der Bundesrepublik Deutschland. In: Börger, P., Deutscher Judo-Bund (Hrsg.): Intern. Sport-Ärzte-Kongress 30.8.1971 während der Judo-Weltmeisterschaften in Ludwigshafen. Kongressbericht 1971, 1-19

Nowacki, P.E., R. Krause, K. Adam, M. Rulffs:

Über die kardiopulmonale Leistungsfähigkeit des Deutschlandachters vor seinem Olympiasieg 1968. Sportarzt u. Sportmed. 22, 227-229, 1971

Nowacki, P.E.:

Funktionsdiagnostik der kardiopulmonalen Leistungsfähigkeit. Der Kassenarzt 13, 77-94, 1973

Nowacki, P.E.:

Möglichkeiten der medizinischen Leistungsdiagnostik. In: DSB, Bundesausschuß Leistungssport (Hrsg.): Informationen zum Training. Medizinische Betreuung des Leistungssportlers in Training und Wettkampf. Beiheft zu Leistungssport 3, 77-119, 1975

Nowacki, P.E.:

Cardio-pulmonale Leistungsprüfung. In: DSB, Bundesausschuß Leistungssport (Hrsg.): Informationen zum Training. Das sportmedizinische Untersuchungssystem. Beiheft zu Leistungssport 4, 65-85, 1975

Nowacki, P.E.:

Sportmedizinische und leistungsphysiologische Aspekte des Ruderns. In: Adam, K., Lenk, H., Nowacki, P.E., Rulfs, M., W. Schröder: Rudertraining. Limpert Verlag, Bad Homburg v.d.H. 1977, 251-615

Nowacki, P.E.:

Beurteilung körperlicher und biologischer Leistungsfähigkeit bei Schülerinnen und Schülern unterschiedlicher schulsportlicher Aktivität. Therapiewoche 28, 5402-5424, 1978

Nowacki, P.E., D.Böhmer:

Sportmedizin- Aufgaben und Bedeutung für den Menschen in unserer Zeit. Thieme, Stuttgart- New York 1980

Nowacki, P.E., P. Rosenthal, H.-J. Völpel:

Vergleichende kardiorespiratorische Funktionsprüfungen bei erfolgreichen jugendlichen Handballspielerinnen und Wettkampfruderern bei maximaler Ausbelastung auf dem Laufband- und Fahrradergometer nach der W/kg-Methode. In: Nowacki, P.E., D. Böhmer (Hrsg.): Sportmedizin – Aufgaben und Bedeutung für den Menschen in unserer Zeit. Kongressband 26. Deutscher Sportärztekongress, Bad Nauheim 1978, Thieme Verlag, Stuttgart-New York 1980, 479-481

Nowacki, P.E.:

Neue Aspekte der körperrgewichtsbezogenen Fahrrad- und Laufbandergometrie für den Leistungs-, Breiten- und Rehabilitationssport. In: Kindermann, W., W. Hort (Hrsg.): Sportmedizin für Breiten- und Leistungssport. Berichtsband 27. Deutscher Sportärztekongress, Saarbrücken 1980, Demeter Verlag, Gräfeling 1981, 255-267

Nowacki, P.E.:

Frau und sportliche Leistung – begrenzende kardiale Faktoren. In: Frau und Sport I. Die Bedeutung der Gymnastik – sportmedizinische und sportwissenschaftliche Aspekte. Beiträge zur Sportmedizin, Bd. 19, S. 30-53. Medau, H.J., P.E. Nowacki (Hrsg.). perimed Fachbuch – Verlagsgesellschaft, Erlangen 1984

Nowacki, P.E.:

Chronische Kreislauf-Krankheiten und Sport. In: Lübs, E.D. (Hrsg.): Chronische Erkrankungen und Sport. Beiträge zur Sportmedizin Bd. 18. perimed Fachbuch Verlagsgesellschaft, Erlangen 1983, 26-51

Nowacki, P.E.:

Zur Standardisierung der Laufband-Ergometrie. In: Mellerowicz, H., I.-W. Franz (Hrsg.): Standardisierung, Kalibrierung und Methodik in der Ergometrie. perimed Verlagsgesellschaft, Erlangen 1983, 259-278

Nowacki, P.E., P. De Castro:

Development of the biological performance of German National Teams (FRG; Juniors and Professionals). In: Bachl, N., L. Prokop, R. Suckert (Eds.): Current topics in Sports Medicine. Proceeding of the 22. World Congress of Sports Medicine Vienna 1982. Urban&Schwarzenberg Verlag, Wien-München-Baltimore 1984, 560-575

Nowacki, P.E., D. Schäfer:

Die Physical Working Capacity (PWC 170) bei körperrgewichtbezogener Ausbelastung auf dem Fahrradergometer und ihre Bedeutung als Leistungsparameter in Abhängigkeit von Alter, Geschlecht und Sportart. Therapiewoche 34, 3835-3853, 1984

Nowacki, P.E., H.J. Medau:

Geschlechtsspezifische sportmedizinische Belastbarkeit In Abhängigkeit von Sportart und Alter In: Frau und Sport II. Leistungsmerkmale der Frau-Leistungsunterschiede zum Mann. Beiträge zur Sportmedizin Bd.26, S. 19-40. Medau, H.J., P.E.Nowacki (Hrsg.). perimed Fachbuch-Verlagsgesellschaft, Erlangen 1984

Nowacki, P.E., G.Alefeld:

Training und Sport als Mittel der präventiven Medizin in der technisierten Umwelt. Medwelt 36 (1985), 886-894

Nowacki, P.E.:

Unterschiede und Entwicklungen der maximalen biologischen Leistungsfähigkeit sport- und nicht sporttreibender Kinder und Jugendlicher. In: Rieckert, H. (Hrsg.): Sportmedizin – Kursbestimmung. Kongressband 30 Deutscher Sportärztekongress Kiel 1986. Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York-London-Paris-Tokyo 1987, 75-84

Nowacki, P.E., H.J. Medau, C. Buhl:

Der Stellenwert der nichtolympischen Sportarten für die Frau aus sportmedizinischer Sicht. In: Medau, H.J., P.E. Nowacki (Hrsg.): Frau und Sport III. Die Bedeutung der nichtolympischen Disziplinen für die sporttreibende Frau. Beiträge zur Sportmedizin, Bd. 23. perimed Fachbuch Verlagsgesellschaft, Erlangen 1988, 76-107

Nowacki, P.E., I. Schulze, N.S. Nowacki:

Längsschnittuntersuchungen zur biologischen Entwicklung von Skilangläufern vom Schüler- bis zum Erwachsenenalter – eine kritische Zehnjahresstudie. In: Bernett, P., D. Jeschke (Hrsg.): Sport und Medizin Pro und Contra. Kongressband 32. Deutscher Sportärztrkongress, München 1990. Zuckschwerdt Verlag, München 1991, 629-634

Nowacki, P.E.:

Sportmedizinische Leistungsdiagnostik. In: Eberspächer (Hrsg.): Handlexikon Sportwissenschaft. Rowohlt Taschenbuch Verlag, Reinbek 1992, 237-246

Nowacki, P.E.:

Trainingssteuerung. In: Eberspächer (Hrsg.): Handlexikon Sportwissenschaft. Rowohlt Taschenbuch Verlag, Reinbek 1992, 504-507

Nowacki, P.E., H.J. Medau:

Olympische Disziplinen der Frau – Sportmedizinische Leistungsprofile. In: Medau, H.J., P.E. Nowacki (Hrsg.): Frau und Sport IV. Die olympischen Disziplinen der Frau im Sport. (Erstes gesamtdeutsches Sportmedizinisches Symposium in Coburg 1990). Beiträge zur Sportmedizin, Bd. 41. perimed-spitta, Med. Verlagsgesellschaft, Erlangen 1992, 37-83

Nowacki, P.E., H. Keller, H.J. Medau, N.S. Nowacki, J. Schöll:

Maximal oxygen uptake in relation to age, gender, kind of sport and training. 9th European Congress of Sports Medicine, Portugal 1997. Program and abstrakt Book, Porto 1997

Nowacki, N.S.:

Entwicklung des sportmedizinischen Leistungsprofils beim Skilanglauf in Abhängigkeit vom Alter und Geschlecht. Inaug. Dissertation, C-A-Universität Kiel, 1998

Okhuwa, T., M.Miyamura, Y.Andon, T.Utsono:

Sex differences in lactate and Glycerol levels during maximal aerobic and anaerobic running. Eur.J.appl.Physiol. 57 (1988), 746 -752

O`Toole, M. L., P. S. Douglas, W. D. B. Hiller:

Lactate, Oxygen Uptake and Cycling Performance in Triathletes. In: Int. J. Sports Med. 10 (1989), 413- 418

Platen, P., P. Sauerland, A. Sauer, A. Mader, R. Rost:

Verhalten von Laktat, Herzfrequenz, Sauerstoffaufnahme, Plasma-Katecholaminen und maximaler Leistungsfähigkeit vor und nach einem Fahrrad- Trainingslager bei ambitionierten Breitensport- Triathleten. In: Triathlon: Schwimmen, Langtriathlon, Trainingssteuerung: Schwimmsportliches Symposium, Darmstadt 1991; Internationales Triathlon- Symposium, Losheim 1991, D. Bremer (Hrsg.). Ahrensburg: Czwalina (1992), 159- 164

Pfützner, A., G. Neumann:

Wettkampfsimulationstest im Triathlon. In: Triathlon: Schwimmen, Langtriathlon, Trainingssteuerung: Schwimmsportliches Symposium, Darmstadt 1991; Internationales Triathlon Symposium, Losheim 1991, D. Bremer (Hrsg.). Ahrensburg : Czwalina (1992), 137-146

Pfützner, A.:

Inhalte der Trainingskonzeption im Hochleistungssport der Deutschen Triathlon Union. In: Symposiumsband des Internationalen Triathlonsymposiums Bad Endorf 1995. M. Engelhardt (Hrsg.). Ahrensburg: Cwalina (1996), 79-102

Pfützner, A.:

Olympischer – versus Langdistanz – Triathlon. In: 13. Internationales Triathlon Symposium, Erbach 1998. M. Engelhardt (Hrsg.). Hamburg: Cwalina (1999), 7-20

Rüb, M.:

Sportartspezifische kardiorespiratorische und metabolische Leistungsdiagnostik im Triathlon. Inaug. Diss. (Dr.med.), JLU Gießen 1991

Ramm, B. und G.Hoffmann:

Biomathematik und medizinische Statistik. Enke, Stuttgart, 1976

Richter, E.A., H. Galbo:

High glycogen levels enhance glykogen braekdown in isolated contracting skeletal muscle. J Appl Physiol. 61 (3). 1986, 827

Rost, R., W. Hollmann:

Belastungsuntersuchungen in der Praxis. Thieme, Stuttgart-New York 1982.

Scheibe, J., S.Israel, E.Keil:

Physiologische Reaktion der Frau auf eine extreme Ausdauerbelastung. Med.Sport 20 (1980), 19-22

Schürch, P.:

Leistungsdiagnostik: Theorie und Praxis. In: Beitr. Zur Sportmedizin 32 Erlangen. Perimed-Fachbuch-Verlagsgesellschaft. 1987, 7-48

Schmid, P., A.Berg, J. Keul:

Leistungsphysiologische Kenngrößen bei Bundeskadersportlerinnen. In: Frau und Sport II. Leistungsmerkmale der Frau- Leistungsunterschiede zum Mann. Beiträge zur Sportmedizin Bd.26, S. 56-66. Medau.H.J., P.E. Nowacki (Hrsg.). perimed Fachbuch-Verlagsgesellschaft, Erlangen 1984

Staadén, W.:

Kardiozirkulatorische und pulmonale Reaktion trainierter und untrainierter Männer bei körpergewichtsbezogener Laufband –und Fahrrad-Ergometrie. Inaug. Diss. (Dr. med.), JLU Gießen 1980

Stichert, K.-H.:

Das Schwimmen als Disziplin des Triathlon: Beobachtungen, Gedanken und erste Untersuchungen. In: Triathlon: Schwimmen, Langtriathlon, Trainingssteuerung: Schwimmsportliches Symposium, Darmstadt 1991; Internationales Triathlon Symposium, Losheim 1991, D. Bremer (Hrsg.). Ahrensburg : Czwalina (1992), 23-26

Strähle, G.:

Die Beurteilung der konditionellem Leistungsfähigkeit bei Leistungssportlern durch ergometrische Untersuchungen. Beiheft zu Leistungssport, Mai 1982.

Svoboda, H.:

Knaurs Buch der modernen Statistik. Droemer Knaur, München, Zürich, 1974

Tegtbur, U., M.W. Busse, P. Schröder:

Triathlon-Triple-Test - drei Disziplinen in einer Untersuchung. In: Regulations- und Repairmechanismen 33. Dt. Sportärztekongreß Paderborn 1993. H. Liesen u. Mitarb. (Hrsg.).- Köln: Dt. Ärzte- Verlag (1994), 161-163

Völpel, H.J.:

Vergleichende Herz-Kreislauf-Funktionsprüfungen bei jugendlichen Handballern mittels körpergewichtsbezogener Ausbelastung auf dem Fahrradergometer und dem Laufband. Inaug. Diss. (Dr. med.), JLU Gießen 1980, 1-96

Wettich, P.:

Kardiozirkulatorische und pulmonale Reaktion trainierter und untrainierter Männer bei körpergewichtsbezogener Laufband –und Fahrrad-Ergometrie. Inaug. Diss. (Dr. med.), JLU Gießen 1980

Wyndham, C.H., N.B. Strydom:

Körperliche Arbeit bei hoher Temperatur. In: Hollmann, W. (Hrsg.), Zentrale Themen der Sportmedizin. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg 1986

Zapf, J., C. Müller, H. Riedel, A. Dickmanns:

Leistungsdiagnostik der Einzeldisziplinen im Triathlon und vergleichende Analyse der Wettkampfergebnisse beim Ironman Europe 1991. In: Triathlon: Schwimmen, Langtriathlon, Trainingssteuerung: Schwimmsportliches Symposium, Darmstadt 1991; Internationales Triathlon Symposium, Losheim 1991, D. Bremer (Hrsg.). Ahrensburg : Czwalina (1992), 165- 175

Zhao, Z.:

Qualitative und quantitative kardiorespiratorische Reaktionen bei Trainierten in Abhängigkeit von international standardisierten fahrradspiroergometrischen Belastungsverfahren im Sitzen. Inaug. Diss. (Dr. med.), Johannes Gutenberg Universität Mainz 1995

Zimmer, K.R.:

Vergleichende Fahrrad-Laufband-Spiroergometrie nach der Watt/kg-Körpergewichts-Belastungsmethode. Inaug. Diss. (Dr. med.), JLU Gießen 1982

Tabellen

Herzfrequenzen in der Fahrradspiroergometrie (Schläge•min⁻¹)

Minute	n	Mittelwert	Standardabweichung
0	11	78	18
1	11	113	13
2	11	114	15
3	11	136	14
4	11	139	18
5	11	158	13
6	11	163	14
7	11	175	10
8	10	178	10
9	9	185	9
10	3	191	6
E1	11	154	15
E2	11	133	17
E3	11	116	15
E4	11	107	16
E5	11	105	13
Individueller Maximalwert	11	186	9

Systolischer Blutdruck in der Fahrradspiroergometrie (mmHg)

Minute	n	Mittelwert	Standardabweichung
0	11	117	12
2	11	135	13
4	11	153	11
sof	11	160	12
E1	11	168	6
E2	11	163	11
E3	11	157	12
E4	11	146	14
E5	11	139	14

Diastolischer Blutdruck in der Fahrradspiroergometrie (mmHg)

Minute	n	Mittelwert	Standardabweichung
0	11	79	10
2	11	79	12
4	11	80	12
sof	11	72	9
E1	11	77	13
E2	11	76	9
E3	11	76	10
E4	11	73	14
E5	11	77	12

Absolute Sauerstoffaufnahme in der Fahrradspiroergometrie (ml/min)

Minute	n	Mittelwert	Standardabweichung
0	11	224	59
1	11	444	107
2	11	696	150
3	11	1090	242
4	11	1429	272
5	11	1860	309
6	11	2138	280
7	11	2600	391
8	10	2945	338
9	9	3336	401
10	3	3546	106
E1	11	2164	199
E2	11	1140	186
E3	11	866	139
E4	11	666	133
E5	11	558	96
individueller Maximalwert	11	3351	385

Gewichtsbezogene Sauerstoffaufnahme in der Fahrradspiroergometrie (ml/kg/min)

Minute	n	Mittelwert	Standardabweichung
0	11	5,7	2,3
1	11	10,6	5,2
2	11	15,5	8,5
3	11	23,8	14,2
4	11	31,8	17,6
5	11	39,4	26,5
6	11	42,5	32
7	11	51	38,1
8	10	56,5	46,5
9	9	65,1	51,2
10	3	66,8	61,2
E1	11	44	30,1
E2	11	23,5	15,7
E3	11	17,5	12
E4	11	14,1	9,4
E5	11	11,4	7,9
individueller Maximalwert	11	66,8	48,2

Sauerstoffpuls in der Fahrradspiroergometrie (ml)

Minute	n	Mittelwert	Standardabweichung
0	11	3,13	0,94
1	11	4,06	0,67
2	11	6,41	1
3	11	7,98	1,33
4	11	10,37	1,43
5	11	11,76	1,5
6	11	13,16	1,33
7	11	14,82	1,68
8	10	16,57	2,04
9	9	18,13	2,06
10	3	18,64	1,2
E1	11	14,22	1,99
E2	11	8,72	1,93
E3	11	7,6	1,62
E4	11	6,29	1,41
E5	11	5,37	1,05
individueller Maximalwert	11	18,19	2,05

Atemminutenvolumen in der Fahrradspiroergometrie (l/min)

Minute	n	Mittelwert	Standardabweichung
0	11	9,4	2,9
1	11	16	4,3
2	11	19,6	4,9
3	11	28,2	6,9
4	11	34,1	8,1
5	11	44,9	9,6
6	11	52	11,2
7	11	67,8	15,7
8	10	79,1	15,9
9	9	97,3	16,4
10	3	108	2
E1	11	72,8	10,8
E2	11	43	7,3
E3	11	33,1	5,5
E4	11	25,8	6
E5	11	21,7	4,6
individueller Maximalwert	11	101,3	15,3

Prozentuale Sauerstoffausnutzung in der Fahrradspiroergometrie (%)

Minute	n	Mittelwert	Standardabweichung
0	11	3	0,5
1	11	3,5	0,3
2	11	4,4	0,3
3	11	4,8	0,3
4	11	5,2	0,4
5	11	5,2	0,5
6	11	5,1	0,6
7	11	4,8	0,6
8	10	4,7	0,6
9	9	4,3	0,5
10	3	4	0
E1	11	3,7	0,4
E2	11	3,3	0,4
E3	11	3,2	0,3
E4	11	3,2	0,3
E5	11	3,2	0,3
individueller Maximalwert	11	5,3	0,4

Atemäquivalent in der Fahrradspiroergometrie

Minute	n	Mittelwert	Standardabweichung
0	11	42	7,2
1	11	35,8	3,3
2	11	28	1,8
3	11	25,8	1,6
4	11	23,7	1,7
5	11	24	2,2
6	11	24,1	2,7
7	11	25,9	3,2
8	10	26,7	3,4
9	9	29,2	3,4
10	3	30,5	0,4
E1	11	33,6	3,9
E2	11	37,8	4,3
E3	11	38,3	3,2
E4	11	38,5	3
E5	11	38,7	2,7
individueller Minimalwert	11	23,4	1,9
Belastungsabbruch	11	30,2	2,9

Prozentuale Kohlendioxidausscheidung in der Fahrradspiroergometrie (%)

Minute	n	Mittelwert	Standardabweichung
0	11	2,8	0,5
1	11	3,2	0,3
2	11	3,7	0,2
3	11	4	0,2
4	11	4,3	0,3
5	11	4,5	0,3
6	11	4,7	0,4
7	11	4,6	0,4
8	10	4,7	0,5
9	9	4,5	0,4
10	3	4,4	0,2
E1	11	4,4	0,4
E2	11	4,1	0,4
E3	11	3,9	0,3
E4	11	3,8	0,3
E5	11	3,7	0,3
Belastungsabbruch	11	4,4	0,4
individueller Maximalwert	11	4,8	0,4

Absolute Kohlendioxidausscheidung in der Fahrradspiroergometrie (ml/min)

Minute	n	Mittelwert	Standardabweichung
0	11	206,82	58,52
1	11	415,27	109,17
2	11	590,18	148,07
3	11	921,36	219,79
4	11	1201,91	263,31
5	11	1627,00	337,49
6	11	1963,91	370,70
7	11	2533,64	520,36
8	10	2993,60	447,16
9	9	3513,89	430,78
10	3	3841,00	249,10
E1	11	2588,18	304,62
E2	11	1428,27	230,80
E3	11	1039,55	169,37
E4	11	779,18	160,59
E5	11	647,00	115,36
individueller Maximalwert	11	3621,55	403,66

Respiratorischer Quotient in der Fahrradspiroergometrie

Minute	n	Mittelwert	Standardabweichung
0	11	0,92	0,06
1	11	0,93	0,07
2	11	0,84	0,05
3	11	0,84	0,05
4	11	0,84	0,05
5	11	0,87	0,06
6	11	0,91	0,07
7	11	0,97	0,08
8	10	1,01	0,06
9	9	1,05	0,04
10	3	1,08	0,04
E1	11	1,20	0,08
E2	11	1,25	0,06
E3	11	1,20	0,06
E4	11	1,17	0,04
E5	11	1,16	0,04
Belastungsabbruch	11	1,08	0,04
individueller Maximalwert	11	1,25	0,06

Atemzugvolumen in der Fahrradspiroergometrie (l)

Minute	n	Mittelwert	Standardabweichung
0	11	0,55	0,14
1	11	0,84	0,20
2	11	1,08	0,28
3	11	1,39	0,27
4	11	1,57	0,34
5	11	1,85	0,39
6	11	1,94	0,31
7	11	2,10	0,36
8	10	2,27	0,46
9	9	2,32	0,47
10	3	2,48	0,42
E1	11	2,13	0,35
E2	11	1,60	0,27
E3	11	1,36	0,24
E4	11	1,20	0,22
E5	11	1,10	0,20
individueller Maximalwert	11	2,32	0,43
Belastungsabbruch	11	2,28	0,42

Atemzüge in der Fahrradspiroergometrie

Minute	n	Mittelwert	Standardabweichung
0	11	17,3	2,8
1	11	19,2	3,6
2	11	18,5	2,8
3	11	20,5	3,7
4	11	22,0	3,7
5	11	24,6	4,6
6	11	27,0	4,8
7	11	32,6	6,6
8	10	35,4	6,0
9	9	42,7	5,7
10	3	44,7	6,2
E1	11	34,5	3,6
E2	11	27,0	3,2
E3	11	24,6	2,9
E4	11	21,4	2,5
E5	11	19,6	2,3
Belastungsabbruch	11	44,9	4,8

Laktatwerte in der Fahrradspiroergometrie (mmol/l)

Minute	n	Mittelwert	Standardabweichung
0	11	1,48	0,38
3	11	2,22	0,79
sof	11	12,25	2,3
E3	11	12,08	2,65

Herzfrequenzen im Schwimmteil des Triathlon-Wettkampftests (Schläge•min⁻¹)

Minute	n	Mittelwert	Standardabweichung
0	8	118	16
1	8	153	24
2	8	170	8
3	8	171	6
4	8	174	5
5	8	174	6
6	8	174	7
7	8	176	7
8	8	178	7
9	8	180	6
10	7	183	5
11	3	185	2
12	2	184	5
13	1	180	0
Belastungsabbruch	8	183	7

Herzfrequenzen im Radteil des Triathlon-Wettkampftests (Schläge•min⁻¹)

Minute	n	Mittelwert	Standardabweichung
1	8	168	13
2	8	180	8
3	8	180	8
4	8	178	13
5	8	180	10
6	8	179	13
7	8	180	13
8	8	180	13
9	8	180	13
10	8	180	14
11	8	179	14
12	8	179	16
13	8	182	11
14	8	183	10
15	8	180	14
16	8	166	20
17	8	169	17
18	8	180	12
19	8	182	13
20	6	182	10
21	6	185	10
22	5	185	10
23	4	184	8
24	4	187	8
E1	8	174	16
E2	8	147	14
E3	8	137	17
E4	8	135	19
E5	8	130	17
Belastungsabbruch	8	192	8

Herzfrequenzen im Laufteil des Triathlon-Wettkampftests (Schläge•min⁻¹)

Minute	n	Mittelwert	Standardabweichung
0	8	119	22
1	8	154	15
2	8	162	15
3	8	162	16
4	8	165	17
5	8	166	16
6	8	165	16
7	8	167	16
8	8	169	15
9	8	168	16
10	8	170	16
11	8	170	15
12	8	171	16
13	8	172	17
14	8	172	16
15	8	171	16
16	8	172	17
17	8	171	16
18	8	172	15
19	8	172	16
20	8	172	15
21	8	173	15
22	8	174	15
23	8	174	15
24	8	175	16
25	8	174	16
26	8	175	15
27	8	174	15
28	8	174	15
29	8	174	15
30	8	174	15
31	8	174	15
32	8	175	15
33	8	175	16
34	8	176	15
35	7	175	16
36	7	175	17
37	7	176	16
38	6	176	17
39	5	173	18
40	3	166	17
41	2	158	16
42	2	157	15
43	1	145	0
44	1	146	0
45	1	145	0
Belastungsabbruch	8	178	14

Absolute Sauerstoffaufnahme im Radteil des Triathlon-Wettkampftests (ml/min)

Minute	n	Mittelwert	Standardabweichung
0	8	295	97
1	8	1007	241
2	8	1805	351
3	8	1846	305
4	8	1850	363
5	8	1874	350
6	8	1901	369
7	8	1893	365
8	8	1930	358
9	8	1936	395
10	8	1966	394
11	8	1962	404
12	8	1986	361
13	8	2008	390
14	8	1994	383
15	8	2003	410
16	8	1949	421
17	8	1953	414
18	8	1993	433
19	8	2013	432
20	8	1992	418
21	8	1982	406
22	8	2006	480
23	8	2060	544
24	8	2060	502
25	8	2091	534
26	8	2032	531
27	8	2009	490
28	8	1998	415
29	8	1948	432
30	8	2006	461
31	8	2003	423
32	8	1981	440
33	8	2008	470
34	8	2024	480
35	7	1907	319
36	7	1899	314
37	7	1933	305
38	6	1904	314
39	5	1754	218
40	3	1709	124
41	2	1620	26
42	2	1575	60
43	1	1542	0
44	1	1652	0
45	1	1542	0

Absolute Sauerstoffaufnahme im Laufteil des Triathlon-Wettkampftests (ml/min)

Minute	n	Mittelwert	Standardabweichung
1	8	1505	282
2	8	2112	253
3	8	2165	306
4	8	2135	314
5	8	2155	292
6	8	2178	266
7	8	2180	300
8	8	2189	272
9	8	2168	301
10	8	2171	287
11	8	2138	254
12	8	2129	281
13	8	2144	304
14	8	2130	286
15	8	2145	272
16	8	1277	229
17	8	1387	272
18	8	2011	318
19	8	2245	318
20	6	2283	255
21	6	2387	233
22	5	2456	261
23	4	2618	242
24	4	2735	275
E1	8	1902	233
E2	8	1028	121
E3	8	699	212
E4	8	488	161
E5	8	409	115
Belastungsabbruch	8	2654	265

Gewichtsbezogene Sauerstoffaufnahme im Radteil des Triathlon-Wettkampftests (ml/kg/min)

Minute	n	Mittelwert	Standardabweichung
0	8	5,0	1,4
1	8	17,4	3,9
2	8	31,2	5,7
3	8	31,9	4,9
4	8	31,9	5,9
5	8	32,4	5,9
6	8	32,8	5,8
7	8	32,6	5,7
8	8	33,2	5,1
9	8	33,3	6,1
10	8	33,8	6,0
11	8	33,7	6,1
12	8	34,2	5,4
13	8	34,5	5,5
14	8	34,4	6,1
15	8	34,4	6,2
16	8	33,5	6,1
17	8	33,5	5,9
18	8	34,2	6,0
19	8	34,5	6,0
20	8	34,2	6,2
21	8	34,0	5,8
22	8	34,4	6,6
23	8	35,2	7,2
24	8	35,2	6,3
25	8	35,7	6,9
26	8	34,7	6,6
27	8	34,4	6,4
28	8	34,2	5,3
29	8	33,4	5,6
30	8	34,4	6,2
31	8	34,3	5,5
32	8	33,9	5,8
33	8	34,4	6,1
34	8	34,6	6,0
35	7	33,7	5,1
36	7	33,6	5,0
37	7	34,2	4,7
38	6	33,8	4,8
39	5	31,3	3,5
40	3	30,8	3,8
41	2	32,3	3,7
42	2	31,4	2,9
43	1	34,9	0,0
44	1	37,4	0,0
45	1	34,9	0,0

Gewichtsbezogene Sauerstoffaufnahme im Laufteil des Triathlon-Wettkampfteste
(ml/kg/min)

Minute	n	Mittelwert	Standardabweichung
1	8	25,8	3,5
2	8	36,4	3,2
3	8	37,2	3,6
4	8	36,7	4,2
5	8	37,1	4,1
6	8	37,5	3,5
7	8	37,5	3,8
8	8	37,7	3,3
9	8	37,3	3,7
10	8	37,4	3,6
11	8	36,9	4,1
12	8	36,7	4,2
13	8	37,0	4,8
14	8	36,7	4,0
15	8	37,0	3,6
16	8	22,1	3,9
17	8	23,7	3,3
18	8	34,5	3,7
19	8	38,7	4,8
20	6	40,5	3,9
21	6	42,4	4,6
22	5	43,7	4,1
23	4	46,2	4,7
24	4	48,3	5,7
E1	8	33,0	4,7
E2	8	17,9	2,8
E3	8	11,9	2,9
E4	8	8,3	2,5
E5	8	7,0	1,5
Belastungsabbruch	8	46,0	5,4

Sauerstoffpuls im Radteil des Triathlon-Wettkampftests (ml/HF)

Minute	n	Mittelwert	Standardabweichung
0	8	2,2	1,2
1	8	6,6	1,6
2	8	11,2	2,0
3	8	11,4	1,8
4	8	11,2	1,9
5	8	11,3	2,0
6	8	11,5	2,1
7	8	11,4	2,0
8	8	11,5	1,9
9	8	11,5	2,1
10	8	11,6	2,0
11	8	11,5	2,0
12	8	11,6	1,7
13	8	11,7	2,0
14	8	11,6	1,9
15	8	11,7	1,9
16	8	11,3	2,0
17	8	11,4	1,9
18	8	11,5	2,1
19	8	11,7	2,1
20	8	11,6	2,0
21	8	11,4	1,9
22	8	11,5	2,4
23	8	11,8	2,6
24	8	11,7	2,4
25	8	12,0	2,6
26	8	11,6	2,5
27	8	11,5	2,3
28	8	11,4	1,9
29	8	11,2	2,1
30	8	11,4	2,1
31	8	11,4	1,9
32	8	11,3	2,0
33	8	11,4	2,2
34	8	11,4	2,2
35	7	10,9	1,2
36	7	10,9	1,2
37	7	10,9	1,2
38	6	10,8	1,1
39	5	10,2	0,9
40	3	10,3	0,7
41	2	10,3	0,9
42	2	10,1	0,6
43	1	10,6	0,0
44	1	11,3	0,0
45	1	10,6	0,0

Sauerstoffpuls im Laufteil des Triathlon-Wettkampftests (ml/HF)

Minute	n	Mittelwert	Standardabweichung
1	8	8,9	1,5
2	8	11,8	1,5
3	8	12,1	1,7
4	8	12,0	1,6
5	8	12,0	1,5
6	8	12,2	1,3
7	8	12,1	1,4
8	8	12,2	1,2
9	8	12,1	1,5
10	8	12,1	1,4
11	8	12,0	1,1
12	8	11,9	1,3
13	8	11,8	1,3
14	8	11,7	1,4
15	8	11,9	1,2
16	8	7,7	1,3
17	8	8,2	1,3
18	8	11,1	1,6
19	8	12,4	1,6
20	6	12,6	1,7
21	6	13,0	1,5
22	5	13,3	1,8
23	4	14,3	1,6
24	4	14,7	1,8
E1	8	11,0	1,6
E2	8	6,2	2,6
E3	8	4,4	2,2
E4	8	3,1	1,7
E5	8	2,7	1,4
Belastungsabbruch	8	13,9	1,7

Atemminutenvolumen im Radteil des Triathlon-Wettkampftests (l/min)

Minute	n	Mittelwert	Standardabweichung
0	8	12,9	3,4
1	8	33,0	7,3
2	8	49,2	9,9
3	8	50,5	9,8
4	8	50,9	11,7
5	8	51,6	12,1
6	8	51,8	11,8
7	8	53,0	12,5
8	8	53,9	12,4
9	8	53,0	12,3
10	8	54,2	12,8
11	8	54,2	12,8
12	8	54,6	11,8
13	8	55,9	12,8
14	8	56,2	13,2
15	8	56,1	13,5
16	8	55,0	13,5
17	8	53,4	13,6
18	8	54,6	13,9
19	8	54,6	13,1
20	8	55,1	13,8
21	8	54,7	13,8
22	8	55,6	15,5
23	8	57,8	18,7
24	8	57,9	17,6
25	8	59,0	18,4
26	8	57,6	18,4
27	8	56,7	17,9
28	8	56,1	15,6
29	8	53,7	15,0
30	8	55,7	16,4
31	8	55,5	15,2
32	8	55,4	16,0
33	8	55,6	16,6
34	8	57,0	17,6
35	7	52,7	12,8
36	7	51,8	11,7
37	7	52,3	11,8
38	6	52,6	13,7
39	5	47,9	11,3
40	3	43,6	5,6
41	2	40,2	4,2
42	2	38,7	4,5
43	1	34,2	0,0
44	1	36,0	0,0
45	1	34,2	0,0

Atemminutenvolumen im Laufteil des Triathlon-Wettkampftests (l/min)

Minute	n	Mittelwert	Standardabweichung
1	8	44,1	10,4
2	8	57,9	9,4
3	8	60,2	11,1
4	8	60,0	11,2
5	8	60,8	11,2
6	8	61,8	10,4
7	8	61,8	11,1
8	8	61,9	10,7
9	8	61,0	10,7
10	8	61,8	11,5
11	8	60,8	10,8
12	8	59,9	11,4
13	8	60,3	11,9
14	8	60,3	11,0
15	8	60,2	11,4
16	8	36,8	7,6
17	8	42,0	9,2
18	8	56,2	11,3
19	8	62,1	12,7
20	6	62,4	10,0
21	6	65,8	10,1
22	5	68,4	9,7
23	4	71,1	10,4
24	4	77,3	11,7
E1	8	57,9	7,5
E2	8	33,9	4,7
E3	8	23,1	6,6
E4	8	16,3	4,9
E5	8	14,1	3,8
Belastungsabbruch	8	77,9	8,7

Prozentuale Sauerstoffaufnahme im Radteil des Triathlon-Wettkampftests (%)

Minute	n	Mittelwert	Standardabweichung
0	8	2,8	0,3
1	8	3,8	0,3
2	8	4,5	0,2
3	8	4,6	0,3
4	8	4,5	0,3
5	8	4,5	0,4
6	8	4,6	0,4
7	8	4,5	0,3
8	8	4,5	0,3
9	8	4,6	0,3
10	8	4,5	0,3
11	8	4,5	0,3
12	8	4,5	0,3
13	8	4,5	0,4
14	8	4,4	0,4
15	8	4,5	0,4
16	8	4,4	0,3
17	8	4,6	0,4
18	8	4,6	0,3
19	8	4,6	0,3
20	8	4,5	0,3
21	8	4,5	0,4
22	8	4,5	0,4
23	8	4,5	0,4
24	8	4,5	0,4
25	8	4,5	0,4
26	8	4,4	0,4
27	8	4,5	0,4
28	8	4,5	0,4
29	8	4,6	0,4
30	8	4,5	0,4
31	8	4,5	0,4
32	8	4,5	0,4
33	8	4,6	0,4
34	8	4,5	0,4
35	7	4,6	0,5
36	7	4,6	0,5
37	7	4,7	0,5
38	6	4,6	0,6
39	5	4,7	0,6
40	3	4,9	0,4
41	2	5,1	0,5
42	2	5,1	0,4
43	1	5,6	0,0
44	1	5,7	0,0
45	1	5,6	0,0

Prozentuale Sauerstoffaufnahme im Laufteil des Triathlon-Wettkampftests (%)

Minute	n	Mittelwert	Standardabweichung
1	8	4,3	0,3
2	8	4,5	0,3
3	8	4,5	0,4
4	8	4,4	0,4
5	8	4,4	0,4
6	8	4,4	0,4
7	8	4,4	0,4
8	8	4,4	0,5
9	8	4,4	0,4
10	8	4,4	0,5
11	8	4,4	0,4
12	8	4,5	0,4
13	8	4,5	0,5
14	8	4,4	0,4
15	8	4,5	0,4
16	8	4,3	0,4
17	8	4,1	0,3
18	8	4,5	0,3
19	8	4,5	0,4
20	6	4,6	0,5
21	6	4,5	0,5
22	5	4,5	0,5
23	4	4,6	0,5
24	4	4,4	0,5
E1	8	4,1	0,4
E2	8	3,8	0,4
E3	8	3,7	0,3
E4	8	3,7	0,4
E5	8	3,6	0,3
Belastungsabbruch	8	4,2	0,4

Atemäquivalent im Radteil des Triathlon-Wettkampftests

Minute	n	Mittelwert	Standardabweichung
0	8	45,0	4,9
1	8	33,0	2,6
2	8	27,3	1,3
3	8	27,3	2,1
4	8	27,4	2,1
5	8	27,4	2,2
6	8	27,1	2,2
7	8	27,8	1,9
8	8	27,7	1,9
9	8	27,3	1,9
10	8	27,4	1,7
11	8	27,5	1,8
12	8	27,3	1,9
13	8	27,6	2,0
14	8	28,0	2,0
15	8	27,8	2,0
16	8	28,0	2,0
17	8	27,1	1,9
18	8	27,1	1,7
19	8	27,0	1,6
20	8	27,5	1,7
21	8	27,4	2,0
22	8	27,5	2,0
23	8	27,7	2,2
24	8	27,8	2,4
25	8	27,9	2,4
26	8	28,0	2,3
27	8	27,8	2,5
28	8	27,8	2,6
29	8	27,3	2,1
30	8	27,4	2,6
31	8	27,4	2,3
32	8	27,6	2,5
33	8	27,3	2,3
34	8	27,8	2,7
35	7	27,4	3,1
36	7	27,1	2,8
37	7	26,8	2,9
38	6	27,2	3,2
39	5	27,0	3,3
40	3	25,5	2,1
41	2	24,8	2,2
42	2	24,5	1,9
43	1	22,2	0,0
44	1	21,8	0,0
45	1	22,2	0,0

Atemäquivalent im Laufteil des Triathlon-Wettkampftests

Minute	n	Mittelwert	Standardabweichung
1	8	29,0	2,3
2	8	27,3	1,8
3	8	27,7	2,1
4	8	28,0	2,3
5	8	28,1	2,7
6	8	28,3	2,5
7	8	28,3	2,4
8	8	28,2	2,8
9	8	28,1	2,7
10	8	28,3	2,9
11	8	28,3	2,6
12	8	28,0	2,8
13	8	28,0	2,9
14	8	28,2	2,9
15	8	27,9	2,7
16	8	28,7	2,6
17	8	30,2	2,7
18	8	27,8	2,2
19	8	27,5	2,5
20	6	27,3	2,9
21	6	27,6	3,1
22	5	27,9	3,4
23	4	27,1	2,8
24	4	28,2	2,9
E1	8	30,6	3,1
E2	8	33,1	3,3
E3	8	33,6	3,2
E4	8	34,1	3,6
E5	8	34,9	3,1
Belastungsabbruch	8	29,4	2,6

Prozentuale Kohlendioxidabgabe im Radteil des Triathlon-Wettkampftests (%)

Minute	n	Mittelwert	Standardabweichung
0	8	2,8	0,2
1	8	3,6	0,2
2	8	4,2	0,2
3	8	4,3	0,3
4	8	4,3	0,3
5	8	4,3	0,3
6	8	4,3	0,3
7	8	4,3	0,3
8	8	4,3	0,3
9	8	4,3	0,3
10	8	4,3	0,3
11	8	4,3	0,3
12	8	4,3	0,3
13	8	4,2	0,3
14	8	4,2	0,3
15	8	4,2	0,3
16	8	4,2	0,3
17	8	4,2	0,3
18	8	4,2	0,3
19	8	4,2	0,3
20	8	4,2	0,3
21	8	4,2	0,3
22	8	4,2	0,3
23	8	4,2	0,3
24	8	4,2	0,3
25	8	4,2	0,3
26	8	4,2	0,3
27	8	4,2	0,3
28	8	4,2	0,3
29	8	4,2	0,3
30	8	4,2	0,3
31	8	4,2	0,3
32	8	4,2	0,3
33	8	4,2	0,3
34	8	4,2	0,3
35	7	4,2	0,4
36	7	4,2	0,4
37	7	4,2	0,4
38	6	4,2	0,4
39	5	4,3	0,4
40	3	4,4	0,3
41	2	4,5	0,4
42	2	4,6	0,5
43	1	5,0	0,0
44	1	5,0	0,0
45	1	5,0	0,0

Prozentuale Kohlendioxidabgabe im Laufteil des Triathlon-Wettkampftests (%)

Minute	n	Mittelwert	Standardabweichung
1	8	4,0	0,3
2	8	4,0	0,3
3	8	4,1	0,3
4	8	4,1	0,3
5	8	4,1	0,3
6	8	4,1	0,3
7	8	4,1	0,3
8	8	4,1	0,3
9	8	4,1	0,3
10	8	4,1	0,3
11	8	4,1	0,3
12	8	4,1	0,3
13	8	4,1	0,3
14	8	4,1	0,3
15	8	4,1	0,3
16	8	4,0	0,3
17	8	4,0	0,3
18	8	4,0	0,3
19	8	4,1	0,3
20	6	4,2	0,3
21	6	4,3	0,4
22	5	4,3	0,3
23	4	4,5	0,3
24	4	4,4	0,3
E1	8	4,1	0,3
E2	8	3,9	0,3
E3	8	3,8	0,3
E4	8	3,7	0,3
E5	8	3,6	0,3
Belastungsabbruch	8	4,1	0,4

Absolute Kohlendioxidabgabe im Radteil des Triathlon-Wettkampftests (ml/min)

Minute	n	Mittelwert	Standardabweichung
0	8	259	133
1	8	972	229
2	8	1664	339
3	8	1748	325
4	8	1771	377
5	8	1778	368
6	8	1782	360
7	8	1814	397
8	8	1846	397
9	8	1827	404
10	8	1852	401
11	8	1856	420
12	8	1879	374
13	8	1897	400
14	8	1908	417
15	8	1878	402
16	8	1845	426
17	8	1820	428
18	8	1848	432
19	8	1857	415
20	8	1869	431
21	8	1856	425
22	8	1896	499
23	8	1960	630
24	8	1966	571
25	8	1963	550
26	8	1940	574
27	8	1886	531
28	8	1877	445
29	8	1817	436
30	8	1875	480
31	8	1883	447
32	8	1863	460
33	8	1882	480
34	8	1915	503
35	7	1764	298
36	7	1750	286
37	7	1767	291
38	6	1739	298
39	5	1629	251
40	3	1549	126
41	2	1444	23
42	2	1402	25
43	1	1377	0
44	1	1450	0
45	1	1377	0

Absolute Kohlendioxidabgabe im Laufteil des Triathlon-Wettkampftests (ml/min)

Minute	n	Mittelwert	Standardabweichung
1	8	1408	280
2	8	1878	264
3	8	1980	322
4	8	1968	313
5	8	1983	302
6	8	2031	278
7	8	2017	296
8	8	2024	277
9	8	1998	266
10	8	2023	312
11	8	2005	273
12	8	1968	289
13	8	1983	305
14	8	1989	277
15	8	1978	295
16	8	1173	196
17	8	1335	271
18	8	1821	300
19	8	2048	327
20	6	2104	233
21	6	2242	206
22	5	2395	284
23	4	2562	301
24	4	2768	340
E1	8	1911	236
E2	8	1079	153
E3	8	716	218
E4	8	487	153
E5	8	412	131
Belastungsabbruch	8	2603	304

Respiratorischer Quotient im Radteil des Triathlon-Wettkampftests

Minute	n	Mittelwert	Standardabweichung
0	8	1,00	0,06
1	8	0,97	0,04
2	8	0,92	0,02
3	8	0,94	0,03
4	8	0,96	0,03
5	8	0,95	0,02
6	8	0,94	0,02
7	8	0,95	0,03
8	8	0,95	0,03
9	8	0,94	0,03
10	8	0,94	0,03
11	8	0,94	0,03
12	8	0,94	0,03
13	8	0,94	0,03
14	8	0,95	0,03
15	8	0,94	0,03
16	8	0,95	0,04
17	8	0,93	0,03
18	8	0,92	0,02
19	8	0,92	0,02
20	8	0,94	0,03
21	8	0,93	0,04
22	8	0,94	0,03
23	8	0,94	0,06
24	8	0,95	0,05
25	8	0,94	0,04
26	8	0,95	0,04
27	8	0,93	0,04
28	8	0,94	0,04
29	8	0,93	0,04
30	8	0,93	0,04
31	8	0,94	0,04
32	8	0,94	0,04
33	8	0,94	0,04
34	8	0,94	0,04
35	7	0,93	0,05
36	7	0,92	0,04
37	7	0,91	0,05
38	6	0,91	0,03
39	5	0,91	0,02
40	3	0,90	0,01
41	2	0,89	0,00
42	2	0,89	0,02
43	1	0,89	0,00
44	1	0,88	0,00
45	1	0,89	0,00

Respiratorischer Quotient im Laufteil des Triathlon-Wettkampftests

Minute	n	Mittelwert	Standardabweichung
1	8	0,94	0,04
2	8	0,89	0,04
3	8	0,92	0,05
4	8	0,92	0,05
5	8	0,92	0,05
6	8	0,93	0,05
7	8	0,93	0,04
8	8	0,92	0,05
9	8	0,93	0,06
10	8	0,93	0,06
11	8	0,94	0,06
12	8	0,93	0,06
13	8	0,93	0,06
14	8	0,93	0,06
15	8	0,92	0,04
16	8	0,92	0,04
17	8	0,96	0,07
18	8	0,91	0,04
19	8	0,91	0,04
20	6	0,92	0,04
21	6	0,94	0,06
22	5	0,98	0,06
23	4	0,98	0,05
24	4	1,01	0,05
E1	8	1,01	0,06
E2	8	1,05	0,08
E3	8	1,03	0,08
E4	8	1,01	0,07
E5	8	1,00	0,08
Belastungsabbruch	8	0,98	0,06

Atemzugvolumen im Radteil des Triathlon-Wettkampftests (I)

Minute	n	Mittelwert	Standardabweichung
0	8	0,62	0,16
1	8	1,25	0,28
2	8	1,78	0,48
3	8	1,72	0,40
4	8	1,69	0,41
5	8	1,72	0,38
6	8	1,69	0,37
7	8	1,70	0,40
8	8	1,71	0,38
9	8	1,72	0,40
10	8	1,71	0,39
11	8	1,73	0,42
12	8	1,74	0,39
13	8	1,72	0,41
14	8	1,68	0,37
15	8	1,67	0,36
16	8	1,66	0,40
17	8	1,66	0,35
18	8	1,72	0,38
19	8	1,67	0,36
20	8	1,64	0,37
21	8	1,66	0,38
22	8	1,72	0,43
23	8	1,73	0,46
24	8	1,74	0,42
25	8	1,71	0,39
26	8	1,69	0,40
27	8	1,70	0,40
28	8	1,69	0,39
29	8	1,69	0,38
30	8	1,67	0,39
31	8	1,69	0,37
32	8	1,68	0,37
33	8	1,66	0,36
34	8	1,68	0,37
35	7	1,57	0,30
36	7	1,59	0,34
37	7	1,59	0,28
38	6	1,53	0,25
39	5	1,39	0,16
40	3	1,34	0,10
41	2	1,36	0,07
42	2	1,26	0,09
43	1	1,27	0,00
44	1	1,24	0,00
45	1	1,14	0,00

Atemzugvolumen im Laufteil des Triathlon-Wettkampftests (I)

Minute	n	Mittelwert	Standardabweichung
1	8	1,24	0,18
2	8	1,60	0,25
3	8	1,66	0,27
4	8	1,60	0,25
5	8	1,63	0,25
6	8	1,63	0,23
7	8	1,64	0,20
8	8	1,61	0,18
9	8	1,59	0,20
10	8	1,57	0,17
11	8	1,56	0,19
12	8	1,60	0,23
13	8	1,59	0,23
14	8	1,56	0,20
15	8	1,54	0,20
16	8	1,21	0,17
17	8	1,17	0,19
18	8	1,48	0,25
19	8	1,60	0,25
20	6	1,67	0,28
21	6	1,73	0,29
22	5	1,74	0,32
23	4	1,90	0,37
24	4	1,92	0,37
E1	8	1,60	0,26
E2	8	1,11	0,15
E3	8	0,85	0,21
E4	8	0,76	0,21
E5	8	0,67	0,19

Atemzüge im Radteil des Triathlon-Wettkampftests

Minute	n	Mittelwert	Standardabweichung
0	8	21	3
1	8	27	4
2	8	28	4
3	8	30	4
4	8	30	3
5	8	30	3
6	8	31	3
7	8	31	3
8	8	32	4
9	8	31	3
10	8	32	3
11	8	32	3
12	8	32	3
13	8	33	4
14	8	34	4
15	8	34	4
16	8	33	4
17	8	32	3
18	8	32	3
19	8	33	3
20	8	34	4
21	8	33	4
22	8	32	4
23	8	33	4
24	8	33	4
25	8	34	4
26	8	34	4
27	8	33	3
28	8	33	4
29	8	32	4
30	8	33	4
31	8	33	4
32	8	33	4
33	8	33	4
34	8	34	5
35	7	34	5
36	7	33	4
37	7	33	4
38	6	34	4
39	5	34	5
40	3	32	2
41	2	30	2
42	2	31	2
43	1	27	0
44	1	29	0
45	1	30	0

Atemzüge im Laufteil des Triathlon-Wettkampftests

Minute	n	Mittelwert	Standardabweichung
1	8	36	6
2	8	37	5
3	8	36	4
4	8	38	5
5	8	38	5
6	8	38	4
7	8	38	5
8	8	39	5
9	8	38	5
10	8	39	6
11	8	39	5
12	8	38	6
13	8	38	7
14	8	39	5
15	8	39	6
16	8	31	5
17	8	36	6
18	8	38	6
19	8	39	6
20	6	38	5
21	6	39	6
22	5	40	6
23	4	38	6
24	4	41	6
E1	8	37	6
E2	8	31	4
E3	8	27	2
E4	8	22	3
E5	8	21	2

Laktatwerte im Triathlon-Wettkampftests (mmol/l)

Minute	n	Mittelwert	Standardabweichung
Vorstart	8	1,64	0,17
Sofort nach Schwimmende	8	6,58	1,69
Radabschnitt			
3	8	4,73	0,94
6	8	4,62	1,17
10	8	4,90	2,04
15	8	5,14	2,37
20	8	4,52	2,26
25	8	4,75	2,97
30	8	4,85	2,89
35	8	4,87	2,92
40	5	3,39	1,42
Laufabschnitt			
16	8	4,87	2,14
Erholung			
E3	8	6,49	2,06
E10	8	5,02	1,78

Geschwindigkeiten im Radteil des Triathlon-Wettkampftests (km/h)

Minute	n	Mittelwert	Standardabweichung
1	8	30,4	1,9
2	8	30,2	2,0
3	8	30,7	2,1
4	8	30,8	2,1
5	8	30,9	2,0
6	8	30,9	2,2
7	8	31,3	2,8
8	8	31,5	2,7
9	8	31,5	2,4
10	8	31,1	2,2
11	8	31,6	2,3
12	8	31,7	1,9
13	8	31,8	2,4
14	8	31,6	2,4
15	8	31,3	2,1
16	8	31,3	2,7
17	8	31,1	3,0
18	8	31,2	2,7
19	8	30,9	2,6
20	8	30,9	2,4
21	8	31,3	2,9
22	8	31,4	3,8
23	8	31,6	3,3
24	8	31,7	3,4
25	8	31,1	3,6
26	8	31,4	3,9
27	8	31,3	2,3
28	8	30,9	2,9
29	8	30,7	3,0
30	8	30,7	3,1
31	8	31,0	2,9
32	8	30,8	2,8
33	8	31,0	3,1
34	8	31,8	4,5
35	8	29,6	2,0
36	7	30,1	2,1
37	7	29,9	2,0
38	7	29,6	2,2
39	6	29,9	2,3
40	5	28,3	1,2
41	3	27,5	0,5
42	2	26,8	0,3
43	2	27,5	0
44	1	27,5	0
45	1	28,5	0

Trittfrequenzen im Radteil des Triathlon-Wettkampftests (U/min)

Minute	n	Mittelwert	Standardabweichung
1	8	93	7
2	8	94	5
3	8	94	3
4	8	94	4
5	8	94	4
6	8	93	4
7	8	93	5
8	8	94	4
9	8	94	4
10	8	93	5
11	8	94	5
12	8	95	4
13	8	94	4
14	8	94	4
15	8	93	4
16	8	94	4
17	8	94	4
18	8	94	4
19	8	94	4
20	8	94	3
21	8	94	4
22	8	93	4
23	8	94	4
24	8	94	4
25	8	92	4
26	8	93	4
27	8	93	4
28	8	93	5
29	8	92	6
30	8	93	5
31	8	92	6
32	8	92	5
33	8	93	6
34	8	93	7
35	8	92	6
36	7	93	7
37	7	93	6
38	7	92	6
39	6	93	7
40	5	88	6
41	3	86	6
42	2	85	7
43	2	93	0
44	1	93	0
45	1	97	0

Schwimmzeiten im Triathlon-Wettkampftest (sec.)

Strecke	n	Mittelwert	Standardabweichung
50m	8	47,2	4,1
100m	8	51,1	5,4
150m	8	52,9	5,4
200m	8	53,2	5,7
250m	8	54,0	6,2
300m	8	53,8	5,6
350m	8	54,2	6,2
400m	8	53,9	5,8
450m	8	54,1	5,7
500m	8	53,9	5,6
550m	8	53,2	6,4
600m	8	52,4	6,6

Für die freundliche Überlassung des Themas der vorliegenden Dissertation und die jederzeit freundliche Unterstützung und Hilfestellung möchte ich dem Leiter des Sportmedizinischen Institutes der Justus-Liebig-Universität Gießen Herrn Prof. Dr. med. P.E. Nowacki meinen herzlichen Dank aussprechen.

Des Weiteren danke ich insbesondere Dr. P. Schnorr für die intensive Unterstützung im experimentellen Teil der Untersuchungen. Mein Dank gilt auch den Mitarbeitern des Sportmedizinischen Institutes für die Mitarbeit an den durchgeführten Untersuchungen.

LEBENS LAUF

Name: Claudia Henne
Geburtstag: 28.05.1972
Geburtsort: Sangerhausen (Sachsen-Anhalt)
Familienstand: ledig

Schulischer Werdegang

09.1978 - 02.1984 Polytechnische Oberschule „Adam Kuckhoff“ in Halle/ Saale
03.1984 - 08.1988 Polytechnische Oberschule „Dr. Richard Sorge“ in Mühlhausen
09.1988 - 08.1990 Erweiterte Oberschule „Erich Weinert“ in Mühlhausen/ Thür.
Abschluß: Allgemeine Hochschulreife

Studium

10.1991 - 09.1998 Humanmedizinstudium
10.1991 - 09.1993 Vorklinisches Studium an der Universität Leipzig
10.1993 - 10.1998 Klinisches Studium an der „Justus- Liebig- Universität“ Gießen
10.1997 - 10.1998 Praktisches Jahr,
Abschluß 3. Staatsexamen

Berufstätigkeit

01.1999 - 06.2000 AiP-Zeit in der Allgemeinchirurgischen Abteilung des Klinikum
Wetzlar
seit 07.2000 Assistenzärztin in o.g. Abteilung

Wetzlar, November 2001